



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

DETEKSI *ARCING* TEGANGAN RENDAH UNTUK BEBAN NON LINEAR DAN BEBAN INDUKTIF

JEFRI HARIS SETYADI
NRP 07111440000053

Dosen Pembimbing
Dimas Anton Asfani, S.T., MT., Ph.D
Danar Fahmi, ST.,MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TE 141599

**DETEKSI *ARCING* TEGANGAN RENDAH UNTUK BEBAN
NON LINEAR DAN BEBAN INDUKTIF**

JEFRI HARIS SETYADI
NRP 07111440000053

Dosen Pembimbing
Dimas Anton Asfani, S.T., MT., Ph.D
Danar Fahmi, ST.,MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE 141599

LOW VOLTAGE ARCING DETECTION FOR NON LINEAR LOAD AND INDUCTIVE LOAD

Jefri Haris Setyadi
NRP 07111440000053

Dosen Pembimbing
Dimas Anton Asfani, S.T., MT., Ph.D
Danar Fahmi, ST.,MT.

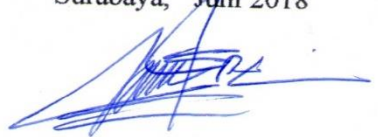
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan tugas akhir saya dengan judul "**Deteksi Arcing Tegangan Rendah untuk Beban Non Linear dan Beban Induktif**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2018



Jefri Haris Setyadi
NRP. 07111440000053

**DETEKSI ARCING TEGANGAN RENDAH UNTUK BEBAN
NON LINEAR DAN BEBAN INDUKTIF**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Teknik Sistem Tenaga
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Anton Asfani, S.T., MT., Ph.D.

NIP. 19810905 200501 1002



Daniar Fahmi, S.T., MT.

NIP. 19890925 201404 1002



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DETEKSI *ARCING* TEGANGAN RENDAH UNTUK BEBAN NON LINEAR DAN BEBAN INDUKTIF

Nama : Jefri Haris Setyadi
Pembimbing I : Dimas Anton Asfani, S.T., MT., Ph.D.
Pembimbing II : Daniar Fahmi, S.T., MT.

ABSTRAK

Kebakaran yang disebabkan oleh korsleting listrik tidak terlepas dari adanya busur api listrik yang terjadi ketika kabel yang memiliki beda potensial saling terhubung/bersentuhan. Peralatan pengaman tidak dapat mendeteksi karena arus yang sangat tinggi dan durasi terjadinya gangguan sangat cepat. Tugas Akhir ini akan mendeteksi dan mengetahui karakteristik arus *arcing*, pengaruh beban dengan variasi THD dan variasi $\cos \phi$ pada 3 kondisi yaitu kondisi normal, *switching* dan *arcing* pada tegangan rendah. Karakteristik sinyal arus dapat dilihat dan dianalisa menggunakan transformasi wavelet dan diolah melalui *software* DIAdem. Berdasarkan hasil eksperimen, untuk membedakan kondisi *switching* dan *arcing* adalah menggunakan *threshold* arus *high frequency* 2A dan jumlah titik gangguan sebanyak 15 titik gangguan yang melebihi *threshold* arus. Perubahan nilai THD berpengaruh pada nilai arus HF kondisi *switching* dan normal ketika menggunakan beban variasi THD. Pada koondisi *arcing* perubahan nilai THD tidak berpengaruh terhadap arus HF serta jumlah titik gangguan. Sedangkan perubahan nilai $\cos \phi$ tidak berpengaruh terhadap nilai arus HF dan jumlah titik gangguan, tetapi jumlah serabut yang terjadi kontak mempengaruhi pada banyaknya jumlah titik gangguan pada kondisi *arcing*.

Kata kunci : *Arcing* tegangan Rendah, *Threshold* arus HF, *Threshold* titik gangguan, Nilai THD, Nilai $\cos \phi$

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LOW VOLTAGE ARCING DETECTION FOR NON LINEAR LOAD AND INDUCTIVE LOAD

Nama : Jefri Haris Setyadi
Pembimbing I : Dimas Anton Asfani, S.T., MT., Ph.D.
Pembimbing II : Daniar Fahmi, S.T., MT.

ABSTRACT

Fire caused by power short can't be separated from the existence of an arc flash that appears when the cable that have a different potentials was connected . Protection equipment can't detect this because of the very high current and short duration of the fault. This final project will detect and figure the characteristic of arcing current, effect of load with THD variation and $\cos \phi$ variation on 3 conditions which are normal, switching, arcing on low voltage. Characteristic of current signal can be seen and analysed using wavelet transformation and processed by DIAdem software. According to the experiment result, to differentiate between switching and arcing condition can be done using high voltage current threshold 2A and 15 point of disturbances which exceed the current threshold. Changes on THD value affect the value of HF current on switching and normal condition when using THD load variation. On arcing condition, changes of THD has no effect on HF current and number of fault points. Meanwhile, changes on $\cos \phi$ value has no effect on HF current and number of fault points, but the number of contacted fibres affect the number of fault points on arcing condition.

Keyword: low voltage arcing, HF current threshold, threshold point of disturbance, THD value, $\cos \phi$ value

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Tugas akhir dengan judul “Deteksi *Arcing* Tegangan Rendah untuk Beban Non Linear dan Beban Induktif” disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan sarjana pada bidang studi Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tugas Akhir dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Bapak Dr. Dimas Anton Asfani, S.T., MT. dan Bapak Daniar Fahmi, S.T., MT serta seluruh dosen Laboratorium Tegangan Tinggi atas segala ilmu dan waktunya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Sumitro dan Ibu Eryani selaku orang tua penulis serta Mbak Cici selaku kakak penulis dan keluarga besar yang tidak bisa disebutkan satu per satu dalam memberi semangat serta mendoakan atas kelancaran tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staff karyawan Departemen Teknik Elektro ITS.
5. Teman-teman Laboratorium Tegangan Tinggi yang telah memberi motivasi dan membantu dalam pengerjaan tugas akhir sampai selesai.
6. Keluarga e-54 atas semangat dan motivasi selama 4 tahun di jurusan Teknik Elektro ITS.
7. Sahabat-sahabat penulis, Indah Yuni Kurniawati, Citra Putri Muslimat, Farhana Zulfa, Maria Islaha, Indri Dwi Winata dan Hairul Anwar serta Rima Kusumawati dalam memotivasi dan mendoakan penulis.
8. Yang terakhir yaitu Anita Rifani yang telah menjadi sesuatu yang beda yang terus mendoakan, sabar dan memotivasi dalam penyelesaian tugas akhir.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

{Halaman ini sengaja dikosongkan}

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Metodologi	3
1.5 Sistematika	4
1.6 Relevansi.....	5
BAB II ARCING BEBAN NON LINEAR DAN BEBAN INDUKTIF	7
2.1 <i>Arcing</i> pada Tegangan Rendah	7
2.2 Beban Non Linear.....	8
2.3 Total Harmonic Distortion (THD)	9
2.4 Beban Induktif.....	10
2.5 Faktor Daya.....	11
2.6 Transformasi Wavelet Diskrit	12
BAB III PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA	15
3.1 Perancangan Alat Eksperimen	15
3.1.1 Beban Variasi THD	17
3.1.2 Beban Variasi $\cos \phi$	19
3.1.3 <i>Fluke Power Quality Analyzer</i>	20
3.1.4 <i>Arc Chamber</i> Akrilik	21
3.1.5 Kabel Konduktor Serabut NYMHY 2x1,5mm ²	21
3.1.6 <i>Current Transformer</i> (CT).....	21
3.1.7 <i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB)	22
3.1.8 <i>National Instrument</i> (NI) 9246.....	22
3.1.9 <i>Software</i> Labview	23
3.2 Pengambilan Data.....	24
3.2.1 Pengambilan Data Beban Variasi THD	25
3.2.2 Pengambilan Data Beban Variasi $\cos \phi$	26
3.3 Pengolahan Data.....	27

3.3.1	Proses Pemotongan Sinyal	28
BAB IV	ANALISIS HASIL PENGUJIAN	29
4.1	Mekanisme Kondisi <i>Arcing</i> pada Tegangan Rendah.....	29
4.1.1	Pengolahan Data secara <i>Offline</i>	29
4.2	Data Hasil Percobaan	30
4.3	Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal, <i>Switching</i> dan <i>Arcing</i> ..	31
4.3.1	Grafik Sinyal Asli pada Beban Variasi THD	31
4.3.2	Grafik Sinyal Asli pada Beban Variasi Cos ϕ	33
4.4	Analisis Data pada Beban Variasi THD.....	34
4.4.1	Karakteristik Nilai THD Arus, Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi Normal dan <i>Switching</i>	35
4.4.2	Analisis Persebaran Data Kondisi Normal dan <i>Switching</i>	43
4.4.3	Karakteristik Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi <i>Arcing</i>	46
4.4.4	Analisis Persebaran Data pada Kondisi <i>Arcing</i>	47
4.5	Analisis Data pada Beban Variasi Cos ϕ	54
4.5.1	Karakteristik Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi Normal	55
4.5.2	Analisis Persebaran Data pada Kondisi Normal.....	57
4.5.3	Karakteristik Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi <i>Arcing</i>	60
4.5.4	Analisis Persebaran Data Kondisi <i>Arcing</i>	62
BAB V	PENUTUP	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68
	DAFTAR PUSTAKA	69
	LAMPIRAN.....	71
	RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Percikan api akibat hubung singkat langsung pada kabel	7
Gambar 2.2	Gelombang tegangan dan arus pada beban non linear ...	9
Gambar 2.3	Gelombang tegangan dan arus beban induktif	11
Gambar 2.4	Segitiga Daya	11
Gambar 3.1	Skema Beban Variasi THD pada Arcing Tegangan Rendah.....	15
Gambar 3.2	Skema Beban Variasi $\cos \phi$ pada Arcing Tegangan Rendah.....	16
Gambar 3.3	Alat Eksperimen pada Arcing Tegangan Rendah	17
Gambar 3.4	Rangkaian Beban Variasi THD menggunakan Lampu LED dengan Lampu Pijar	19
Gambar 3.5	Rangkaian Beban Variasi $\cos \phi$ dengan menggunakan Pompa Air	20
Gambar 3.6	Blok Diagram Program Deteksi Arcing pada Labview	24
Gambar 3.7	Skema Arcing menggunakan Motor DC sebagai Penggerak Kabel Fasa	26
Gambar 3.8	Program deteksi arcing pada tampilan user interface Labview	27
Gambar 3.9	Grafik Pengolahan Sinyal pada DIAdem pada Toolbar View	28
Gambar 4.1	Mekanisme terjadinya Busur Api Listrik	29
Gambar 4.2	Grafik Sinyal Kondisi Normal (THDi 33,81 %)	32
Gambar 4.3	Grafik Sinyal Kondisi Switching (THDi 41,4 %)	32
Gambar 4.4	Grafik Sinyal Asli Kondisi Arcing 12 Serabut pada case 1 (THDi 39,79 %).....	33
Gambar 4.5	Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal ($\cos \phi = 0,8$)	33
Gambar 4.6	Grafik Sinyal Asli Kondisi Arcing 12 Serabut ($\cos \phi = 0,8$).....	34
Gambar 4.7	Hasil Transformasi Wavelet Kondisi Normal pada Case 10 (THD 4,59 %)	35
Gambar 4.8	Grafik Kondisi Normal Case 1 (THDi 33,81%)	37
Gambar 4.9	Grafik Kondisi Normal Case 2 (THDi 33,81 %)	37
Gambar 4.10	Grafik Kondisi Normal Case 3 (THDi 30,79 %)	37
Gambar 4.11	Grafik Kondisi Normal Case 4 (THDi 26,86%)	38
Gambar 4.12	Grafik Kondisi Normal Case 5 (THDi 22,61%)	38
Gambar 4.13	Grafik Kondisi Normal Case 6 (THDi 20,41%)	38

Gambar 4.14	Grafik Kondisi Normal Case 7 (THDi 17,18%).....	39
Gambar 4.15	Grafik Kondisi Normal Case 8 (THDi 11,07%)	39
Gambar 4.16	Grafik Kondisi Normal Case 9 (THDi 8,61%).....	39
Gambar 4.17	Grafik Kondisi Normal Case 10 (THDi 4,59%).....	40
Gambar 4.18	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 1 (THDi 41,4%)	40
Gambar 4.19	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 2 (THDi 35,9%)	40
Gambar 4.20	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 3 (THDi 32,8%)	41
Gambar 4.21	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 4 (THDi 29%).....	41
Gambar 4.22	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 5 (THDi 24,9%).....	41
Gambar 4.23	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 6 (THDi 22,8%).....	42
Gambar 4.24	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 7 (THDi 20,1%).....	42
Gambar 4.25	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 8 (THDi 14,5%).....	42
Gambar 4.26	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 9 (THDi 12,1%).....	43
Gambar 4.27	Grafik Kondisi <i>Switching</i> Case 10 (THDi 6,9%).....	43
Gambar 4.28	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal	44
Gambar 4.29	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > threshold arus pada Kondisi Normal.....	44
Gambar 4.30	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Switching</i>	45
Gambar 4.31	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > threshold arus pada Kondisi <i>Switching</i>	46
Gambar 4.32	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 1 serabut.....	48
Gambar 4.33	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 3 serabut.....	48
Gambar 4.34	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 12 serabut.....	49
Gambar 4.35	Grafik <i>Arcing</i> 1 Serabut Case 3 (THDi 33,9%)	50
Gambar 4.36	Grafik Spektrum Harmonisa pada Kondisi <i>Arcing</i> 1 Serabut	50
Gambar 4.37	Grafik <i>Arcing</i> 3 Serabut Case 8 (THDi 11,9%)	51
Gambar 4.38	Grafik Spektrum Harmonisa pada Kondisi <i>Arcing</i> 3 Serabut	51
Gambar 4.39	Grafik <i>Arcing</i> 12 Serabut Case 7 (THDi 19,7%)	51
Gambar 4.40	Grafik Spektrum Harmonisa pada Kondisi <i>Arcing</i> 12 Serabut	52
Gambar 4.41	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan >threshold arus kondisi <i>arcing</i> 1 serabut.....	53

Gambar 4.42	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus kondisi <i>arcing</i> 3 serabut	53
Gambar 4.43	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus kondisi <i>arcing</i> 12 serabut	54
Gambar 4.44	Hasil Transformasi Wavelet Kondisi <i>Arcing</i> 12 Serabut pada <i>case</i> 3 ($\cos \phi = 0,7$)	55
Gambar 4.45	Sinyal Kondisi Normal <i>Case</i> 3 ($\cos \phi = 0,7$)	57
Gambar 4.46	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal 1 serabut	58
Gambar 4.47	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal 3 serabut	58
Gambar 4.48	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal 12 serabut	59
Gambar 4.49	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus pada Kondisi Normal 1 Serabut	59
Gambar 4.50	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus pada Kondisi Normal 3 Serabut	60
Gambar 4.51	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus pada Kondisi Normal 12 Serabut	60
Gambar 4.52	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 1 Serabut	63
Gambar 4.53	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 3 Serabut	63
Gambar 4.54	Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi <i>Arcing</i> 12 Serabut	64
Gambar 4.55	Kondisi <i>Arcing</i> 1 Serabut Beban Variasi $\cos \phi$ ($\cos \phi = 0,7$)	64
Gambar 4.56	Kondisi <i>Arcing</i> 3 Serabut Beban Variasi $\cos \phi$ ($\cos \phi = 0,7$)	65
Gambar 4.57	Kondisi <i>Arcing</i> 12 Serabut Beban Variasi $\cos \phi$ ($\cos \phi = 0,7$)	65
Gambar 4.58	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 1 Serabut	65
Gambar 4.59	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 3 Serabut	66
Gambar 4.60	Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $> threshold$ arus pada Kondisi <i>Arcing</i> 12 Serabut	66

{Halaman ini sengaja dikosongkan}

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar IEEE 519-2014 untuk THD dan IHD tegangan [11]	10
Tabel 2.2	Standar IEEE 519-2014 untuk THD arus [11]	10
Tabel 3.1	Beban Variasi THD.....	18
Tabel 3.2	Beban Variasi Cos ϕ	20
Tabel 3.3	Spesifikasi Current Transformer (CT)	22
Tabel 3.4	Spesifikasi NI 9246.....	23
Tabel 4.1	Percobaan Beban Variasi THD	30
Tabel 4.2	Percobaan Beban Variasi Cos ϕ	31
Tabel 4.3	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan	35
Tabel 4.4	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan	47
Tabel 4.5	Spektrum Harmonik pada Beban Variasi THD	49
Tabel 4.6	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (1 serabut).....	55
Tabel 4.7	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (3 serabut).....	56
Tabel 4.8	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (12 serabut).....	56
Tabel 4.9	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (1 serabut).....	61
Tabel 4.10	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (3 serabut).....	61
Tabel 4.11	Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (12 serabut).....	62

{Halaman ini sengaja dikosongkan}

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kebutuhan yang paling utama dan menjadi yang terpenting dalam kehidupan sehari-hari adalah listrik. Setiap tahunnya rata-rata pada tiap wilayah di Indonesia mengalami peningkatan dalam hal rasio elektrifikasi. Rasio elektrifikasi yang terbaru per Juni 2017 sebesar 92,80% berdasarkan data yang didapatkan dari Kementerian ESDM [1]. Berdasarkan statistik ketenagalistrikan PLN, rentan waktu antara 2011-2015 peningkatan rasio elektrifikasi hampir mencapai 3-4% setiap tahun [2]. Hal ini menyebabkan penyedia jasa listrik beserta instalasi pada pemukiman akan bertambah banyak seiring peningkatan tersebut. Apabila tidak diimbangi dengan instalasi yang baik, maka akan menyebabkan permasalahan seperti korsleting dan kebakaran.

Banyak kasus kebakaran yang terjadi di wilayah-wilayah Indonesia disebabkan adanya korsleting listrik [3]. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana dari akhir tahun 2011 sampai pertengahan tahun 2015 ada 979 kasus kebakaran yang terjadi di Indonesia dengan 431 kasus yang diakibatkan oleh korsleting listrik. Tentunya dari kejadian itu akan merugikan banyak pihak terutama di daerah pemukiman yang terkena bencana tersebut. Kebakaran yang disebabkan oleh korsleting listrik biasanya tidak lepas dari adanya *arc flash* atau busur api listrik yang muncul ketika kabel yang berbeda potensial saling bersentuhan.

Durasi waktu yang sangat cepat menyebabkan peralatan pengaman tidak dapat memutuskan arus yang sangat tinggi ketika terjadi sentuhan antar kabel yang memiliki beda potensial. Sentuhan/kontak yang sangat cepat ketika kabel memiliki beda potensial tersebut dapat menimbulkan adanya busur api listrik (*arc flash*) [4]. Polaritas yang berbeda pada dua buah konduktor dan saling bersentuhan menyebabkan adanya loncatan elektron yang akan menimbulkan *arc flash*. Pendeteksian mengenai *arc flash* sangat penting untuk dilakukan mengingat bahaya ditimbulkan seperti kebakaran apabila *arc flash* terjadi didekat peralatan yang mudah terbakar. Fenomena busur api (*arc flash*) adalah fenomena yang berbahaya karena dapat menyebabkan kebakaran apabila berdekatan dengan peralatan atau benda yang mudah terbakar .

Fenomena *arcing* pada tegangan rendah berbeda dengan fenomena *arcing* yang terjadi pada level tegangan menengah maupun tegangan tinggi. Pada level tegangan menengah maupun tegangan tinggi ketika terjadi hubung singkat akan dapat dideteksi atau terbaca oleh rele arus lebih disebabkan nilai arusnya yang sangat besar jika dibandingkan dengan *overload* ketika gangguan bersifat terus-menerus. Sedangkan pada level tegangan rendah, akan sulit terdeteksi disebabkan banyaknya variasi beban yang digunakan pada tegangan rendah sehingga karakteristik yang dihasilkan juga berbeda dibandingkan dengan gangguan hubung singkat pada level tegangan menengah maupun tegangan tinggi. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab busur api listrik pada tegangan rendah sulit terdeteksi bahkan diatasi sehingga dapat menyebabkan kebakaran.

Beban-beban yang berada dalam rumah, kantor dan sebagainya memiliki sifat-sifat yang bervariasi seperti beban resistif, induktif, non linear dll. Berdasarkan jenis beban-beban tersebut akan dijadikan suatu parameter pendeteksian *arcing* untuk beban non linear dan beban induktif secara *offline*. Pengambilan data akan berdasarkan 3 kondisi yaitu saat normal, *switching* dan *arcing* dan dilakukan dengan jumlah serabut yang berbeda-beda. Dengan menggunakan software Labview akan dibandingkan dari 3 kondisi tersebut, dimana kondisi saat normal dan *switching* akan menjadi pembanding dari kondisi saat *arcing*. Karakteristik dari arus akan ditampilkan melalui software Labview sehingga dapat dibandingkan dari perbedaan masing-masing kondisi.

1.2 Permasalahan

Banyak kasus kebakaran yang terjadi di wilayah-wilayah Indonesia disebabkan adanya korsleting listrik. Tentunya dari kejadian itu akan merugikan banyak pihak terutama di daerah pemukiman yang terkena bencana tersebut. Kebakaran yang disebabkan oleh korsleting listrik biasanya tidak lepas dari adanya *arc flash* atau busur api listrik yang muncul ketika terjadi kontak antar kabel yang berbeda potensial. Fenomena *arcing* tersebut dapat menimbulkan adanya busur api listrik (*arc flash*). Polaritas yang berbeda pada dua buah konduktor dan saling bersentuhan menyebabkan adanya loncatan elektron yang akan menimbulkan *arc flash*. Beban-beban listrik yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari memiliki sifat-sifat tertentu seperti halnya beban non linear dan beban induktif yang penting diketahui karakteristik nilai arusnya, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen deteksi

arcing tegangan rendah dengan variasi beban tersebut dengan tujuan dapat mengetahui apakah jenis gangguan tersebut termasuk dalam kondisi normal, *switching* dan *arcing*. Ketika *arcing* terjadi, arus yang melonjak juga dapat diketahui sehingga memudahkan dalam penentuan *threshold*. Dengan beban yang bervariasi maka akan dilihat pengaruh dari perubahan nilai $\cos \phi$ dan perubahan nilai THD terhadap arus dan jumlah titik gangguan yang melebihi batas yang ditentukan.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini yaitu :

1. Mengetahui karakteristik nilai arus pada beban non linear dan induktif pada kondisi normal, *switching* dan *arcing*.
2. Menentukan *threshold* arus dan jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus.
3. Mengetahui pengaruh perubahan nilai $\cos \phi$ dan nilai THD terhadap nilai arus dan jumlah titik gangguan.

1.4 Metodologi

Pada tugas akhir kali ini yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan literatur sebanyak mungkin yang berkaitan dengan topik yang dikerjakan. Studi literatur bisa didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, paper, dan buku-buku tugas akhir yang sebelumnya. Dengan pemahaman materi seperti hubungan singkat, fenomena dan konsep busur api listrik (*arcing*), beban non linear, beban induktif, serta mempelajari software Labview, transformasi wavelet akan sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

Pada tahapan selanjutnya akan dilakukan penyambungan beban, baik itu beban non linear maupun beban induktif terhadap rangkaian modul arcing. Hal ini akan mempermudah ketika melakukan eksperimen terhadap semua beban yang digunakan. Setelah beban tersambung, eksperimen akan dilakukan. Pertama, pada beban non linear akan dilakukan pengambilan data saat kondisi normal, *switching* dan *arcing* dengan kombinasi beban lampu yang digunakan. Kedua, pada beban induktif juga akan dilakukan pengambilan data terhadap beban induktif yang telah ditentukan. Dari hasil eksperimen tersebut akan dilihat karakteristik arus yang akan ditampilkan pada monitor PC yang telah tersedia. Dengan menggunakan program Labview dan DIAdem, akan dilakukan analisis mengenai karakteristik arus, ketika kondisi normal, *switching* serta *arcing*. Jumlah titik gangguan juga akan dilihat sebagai

parameter untuk menentukan apakah termasuk kategori arcing atau tidak termasuk kategori arcing. Pengaruh $\cos \phi$ dan *Total Harmonic Distortion* (THD) terhadap parameter deteksi *arcing* juga akan dianalisa.

Tahapan terakhir yang akan dilakukan yaitu evaluasi dengan cara membandingkan hasil analisis dengan hipotesa dan teori yang sudah ada. Jika telah sesuai berdasarkan teori akan dilanjutkan dengan penyusunan laporan. Penyusunan laporan hasil eksperimen akan membantu dalam penyelesaian pembuatan buku tugas akhir.

1.5 Sistematika

Penulisan buku tugas akhir ini terdiri dari 5 bab yang akan diuraikan secara sistematis sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan terdiri dari 6 subbab yaitu latar belakang yang merupakan dasar utama pemikiran yang menjadi dasar dari terahirnya tugas akhir ini, permasalahan yang merupakan pokok-pokok bahasan pada tugas akhir ini, tujuan yang merupakan sesuatu yang ingin dicapai pada tugas akhir ini, metodologi yang merupakan langkah-langkah yang diambil dan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini, sistematika yang merupakan tata cara serta uraian isi pada tugas akhir kali ini dan yang terakhir relevansi yang merupakan manfaat yang didapatkan pada tugas akhir ini.

Bab 2 Dasar Teori terdiri dari 6 subbab yang membahas mengenai hubung singkat dan busur api listrik, beban non linear, total harmonic distortion, beban induktif, faktor daya serta transformasi wavelet.

Bab 3 Perancangan alat eksperimen merupakan perancangan alat eksperimen yang digunakan pada tugas akhir ini, pengambilan data yang merupakan hal yang penting untuk dapat mendapatkan suatu data yang selanjutnya akan diolah, pengolahan data yang merupakan proses mengolah data setelah eksperimen sehingga dapat menganalisa hasil eksperimen.

Bab 4 Analisa terdiri dari 5 subbab yang akan membahas tentang mekanisme terbentuknya busur api listrik, data hasil percobaan , grafik sinyal asli semua kondisi, karakteristik arus HF dan jumlah titik gangguan pada variasi beban THD dan variasi beban $\cos \phi$ dan analisa persebaran data arus HF dan jumlah titik gangguan.

Bab 5 yang merupakan bab terakhir yang membahas tentang kesimpulan terakhir dari eksperimen yang telah dilakukan dan saran-saran yang dapat memperbaiki dan menyempurnakan pada tugas akhir selanjutnya.

1.6 Relevansi

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu:

1. Untuk dapat diaplikasikan sebagai alat pendeteksi arcing untuk beban-beban listrik (induktif dan non linear)
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan mengerjakan penelitian dengan topik arcing dengan beban-beban yang lain

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

ARCING BEBAN NON LINEAR DAN BEBAN INDUKTIF

2.1 *Arcing* pada Tegangan Rendah

Salah satu kebutuhan utama dan merupakan yang terpenting dalam kehidupan sehari-hari adalah ketersediaan listrik dan peralatan penunjang lainnya. Peralatan penunjang diantaranya adalah MCB (*Miniature Circuit Breaker*) serta *fuse* yang digunakan untuk meningkatkan keamanan dalam instalasi listrik dari beberapa kegagalan yang sering terjadi.

Beberapa kegagalan yang sering terjadi dalam instalasi listrik diantaranya hubung singkat, kelebihan beban/*overload*, serta arus bocor. Konsep dari peralatan-peralatan pengaman dalam mendeteksi terjadinya gangguan (kelebihan beban/*overload* dan hubung singkat) adalah membandingkan perbedaan arus terukur di konduktor fasa dan konduktor netral dengan sebuah nilai sebagai indikator/batas trip. Kontak yang terjadi pada kabel yang memiliki beda potensial ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Percikan api akibat kontak langsung pada kabel yang memiliki beda potensial

Pada sistem tenaga listrik, busur api listrik (*arc flash*) merupakan sebuah percikan yang disebabkan adanya loncatan elektron yang terjadi saat dua permukaan konduktor didekatkan dan adanya loncatan arus pada gap udara disela-sela konduktor yang potensialnya berbeda [5]. Busur api listrik ini juga bisa menjadi penyebab dari kegagalan isolasi. Hal demikian dapat terjadi karena isolasi yang melindungi bagian konduktor

yang rusak dan bertegangan, kemudian bagian tersebut menyentuh bagian konduktor lain yang berbeda potensial dapat menyebabkan terjadinya arc flash. Durasi waktu yang sangat cepat menyebabkan peralatan pengaman tidak dapat memutus arus *arcing* yang sangat besar [6].

Kegagalan dari sebuah isolasi terjadi karena adanya gangguan yaitu berupa gangguan internal dan gangguan eksternal. Salah satu contoh dari gangguan internal adalah penuaan (*aging*) pada bahan isolasi itu sendiri. Sedangkan pada gangguan eksternal seperti adanya kabel yang terkelupas akibat gigitan hewan. Kedua faktor gangguan baik internal ataupun eksternal akan mengakibatkan kegagalan sebuah isolasi sehingga arus (fasa) keluar dari isolator dan terjadi hubung singkat dengan kabel di dalamnya atau dengan konduktor netral.

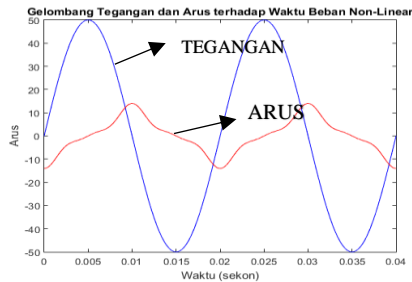
Jenis kabel yang umum digunakan pada level tegangan rendah ada 2 jenis, yaitu kabel serabut dan kabel tunggal. Masing-masing dari kabel tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Umumnya yang sering digunakan adalah kabel serabut, dimana salah satu pertimbangannya adalah faktor ekonomis. Sedangkan kabel tunggal memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh kabel serabut, yaitu memiliki tahanan impedansi yang besar dan kemampuan isolasi yang baik. Kabel serabut juga kurang mampu menahan panas karena nilai arus yang besar.

Dalam pemilihan kabel konduktor tegangan rendah adalah mempertimbangkan diameter kabel itu sendiri disebabkan setiap diameter kabel akan memiliki ketahanan arus yang berbeda-beda [7]. Ketahanan arus yang dimaksud adalah arus nominal beban yang dapat lewat dan diterima oleh kabel itu sendiri. Umumnya, kabel konduktor yang digunakan adalah $0,75 \text{ mm}^2$; $1,5 \text{ mm}^2$; serta $2,5 \text{ mm}^2$ tergantung dari kebutuhan desain instalasinya. Pada instalasi tegangan rendah 220 V/380V biasanya digunakan kabel dengan diameter $1,5 \text{ mm}^2$, dimana arus nominal yang diterima sebesar 10 A. Ketika terjadi hubung singkat, arus akan melebihi arus nominal yang dapat diterima jenis kabel ini yang menyebabkan kabel akan panas, isolasi/kabel konduktor di dalam meleleh dan seringkali menyebabkan kebakaran.

2.2 Beban Non Linear

Beban non linear merupakan suatu beban listrik yang dapat menyebabkan adanya suatu harmonisa. Bentuk gelombang output arus yang tidak sebanding dengan tegangan input sehingga baik gelombang output arus maupun tegangan tidak sama bentuknya. Pada umumnya, beban non linear merupakan komponen semikonduktor yang prinsip

kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap setengah siklus gelombang. Dengan kata lain, beban yang membutuhkan arus yang tidak tetap pada setiap periode waktunya. Contoh beban non linear dalam kehidupan sehari-hari adalah lampu hemat energi (LED), televisi, AC, kulkas dll. Bentuk dari gelombang tegangan dan arus akibat adanya beban non linear ditunjukkan pada gambar 2.2 .



Gambar 2.2 Gelombang tegangan dan arus pada beban non linear

2.3 Total Harmonic Distortion (THD)

Harmonisa merupakan salah satu jenis gangguan yang ada dalam sistem tenaga listrik. Akibat yang ditimbulkan dengan adanya harmonisa itu sendiri adalah bentuk gelombang tegangan dan arus tidak berbentuk murni sinusoidal kembali, melainkan jumlahan gelombang sinusoidal dasar dan gelombang harmonisanya [8]. Gelombang harmonisa merupakan jumlahan gelombang sinusoidal dengan frekuensi kelipatan dari frekuensi dasarnya dimana nilai kelipatannya sama dengan orde harmonisanya dan bernilai bilangan bulat [8]. Harmonisa disebabkan karena adanya beban-beban non linear.

Total Harmonic Distortion (THD) merupakan salah satu indeks harmonisa yang dapat menentukan kualitas suatu daya listrik. THD dibedakan menjadi 2, yaitu THD tegangan (THDv) dan THD arus (THDi) [9]. Biasanya THD dinyatakan dalam (%) dengan tujuan mengetahui besar distorsi yang dihasilkan oleh seluruh komponen penghasil harmonisa [10].

Standar untuk penentuan batas distorsi harmonisa pada suatu perusahaan mengacu pada standar IEEE 519-2014. Standar distorsi harmonisa dapat dilihat pada tabel 2.1 untuk tegangan dan tabel 2.2 untuk arus.

Tabel 2.1 Standar IEEE 519-2014 untuk THD dan IHD tegangan [11]

Tegangan bus pada PCC	IHD _v (%)	THD _v (%)
$V \leq 1,0 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1,0	1,5*
*Sistem Tegangan Tinggi bisa mencapai THD 2,0% dimana penyebabnya adalah terminal HVDC yang efeknya akan melemah di jaringan tempat pengguna selanjutnya terhubung.		

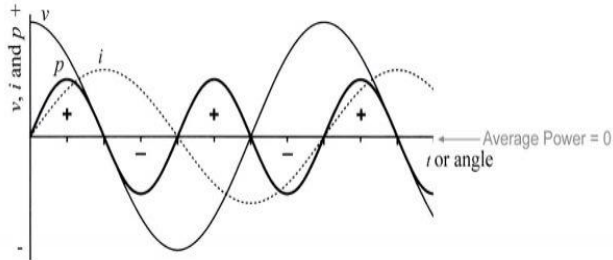
Tabel 2.2 Standar IEEE 519-2014 untuk THD arus [11]

Distorsi harmonisa pada arus maksimum dalam persen terhadap I_L						
I_{sc}/I_L	Orde Individu dari Harmonisa (Orde Ganjil)					
	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	%TDD
<20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 – 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 - 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 - 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
Harmonisa orde genap dibatasi 25% dari harmonisa orde ganjil diatas						
Tidak diperbolehkan distorsi arus yang dihasilkan dari peralatan DC seperti <i>halfwave converter</i>						
Seluruh peralatan pembangkit listrik dibatasi pada nilai – nilai arus tanpa perlu memperhatikan nilai aktual dari I_{sc}/I_L						
dimana :						
I_{sc} = Nilai arus hubung singkat maksimum pada PCC						
I_L = Nilai arus beban maksimum (komponen frekuensi fundamental) pada PCC						

2.4 Beban Induktif

Beban induktif merupakan salah satu jenis beban listrik yang dihasilkan dari komponen lilitan kawat atau kumparan yang terdapat pada banyak jenis peralatan listrik. Contoh dari beban induktif yaitu motor-motor listrik, transformator dll. Kumparan yang berada pada peralatan digunakan sebagai penghasil medan magnet sehingga dengan terbangkitnya medan magnet itulah yang akan menjadi beban induktif.

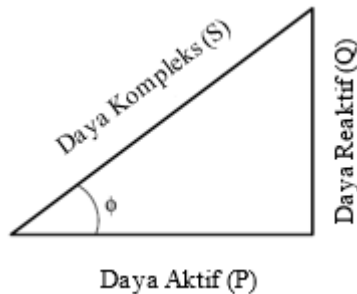
Pada beban induktif arus akan lagging sebesar 90° daripada tegangan disebabkan kumparan akan menyerap arus dan meloloskan tegangan sehingga arus tertinggal oleh tegangan. Bentuk dari gelombang tegangan dan arus beban induktif ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Gelombang tegangan dan arus beban induktif

2.5 Faktor Daya

Dalam sistem kelistrikan AC, jenis daya listrik terbagi menjadi 3 yaitu daya kompleks (S), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Faktor daya ($\cos \phi$) merupakan kosinus sudut antara arus dan tegangan, dengan kata lain merupakan perbandingan daya aktif (P) dan daya kompleks (S).



Gambar 2.4 Segitiga Daya

Mengacu pada konsep segitiga daya yang ditunjukkan pada gambar 2.4 diatas, apabila nilai $\cos \phi$ kecil/turun, maka nilai daya reaktif (Q) meningkat. Daya reaktif yang mengalir dalam suatu sistem tenaga listrik mempengaruhi komponen dan kualitas daya. Jika nilai daya reaktif (Q) besar, maka arus reaktif juga meningkat dan menyebabkan arus total yang mengalir semakin besar pula yang berakibat pada rugi-rugi yang menjadi besar.

Nilai dari daya reaktif juga berpengaruh terhadap nilai tegangan, jika arus yang mengalir besar menyebabkan nilai *drop* tegangan meningkat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai faktor daya akan menyebabkan kualitas daya semakin kurang baik, pembebanan pada peralatan semakin meningkat serta menyebabkan biaya *maintenance* semakin meningkat [12] [13].

2.6 Transformasi Wavelet Diskrit

Jenis transformasi ini merupakan transformasi linear yang hampir menyerupai transformasi fourier. Transformasi fourier tidak dapat dihilangkan perannya karena merupakan transformasi sinyal yang paling umum dan populer dalam proses sinyal digital. Transformasi Wavelet dikembangkan dalam memproses sebuah sinyal. Ada 2 jenis transformasi wavelet, yaitu Transformasi Wavelet Kontinu (TWK) dan Transformasi Wavelet Diskrit (TWD). Hal yang membedakan antara transformasi fourier dan transformasi wavelet adalah dalam hal informasi waktu. Pada transformasi fourier dapat diketahui informasi frekuensi dari sebuah sinyal tetapi tidak dapat berubah-ubah sesuai perubahan waktu. Sedangkan pada transformasi wavelet dapat menganalisa sinyal yang frekuensinya berubah-ubah terhadap waktu.

Pada metode ini sinyal gelombang input akan dipisah (didekomposisikan) menjadi dua sinyal, yaitu sinyal frekuensi rendah (*low frequency*) dan sinyal frekuensi tinggi (*high frequency*). Untuk sinyal frekuensi rendah dinamakan aproksimasi dan sinyal frekuensi tinggi disebut detail. Transformasi Wavelet Diskrit akan dilakukan analisis detail melalui bagian frekuensi tinggi dari *mother wavelet* dan analisis dari aproksimasi akan dilakukan melalui frekuensi rendah dari *mother wavelet*. Sebuah sinyal A akan dipisahkan menjadi 2 sinyal yaitu sinyal A_{j+1} dimana merupakan sinyal pendekatan dan sinyal D_{j+1} yang merupakan sinyal detail [14]. Melalui filter *low-frequency* akan menghasilkan sinyal pendekatan, sedangkan melalui *high frequency* akan menghasilkan sinyal detail. Pengolahan sinyal input yang telah didekomposisi akan menghasilkan suatu sinyal baru yang akan memiliki karakteristik berbeda pada lebar frekuensi dan domain waktu. Hal tersebut memungkinkan untuk mendeteksi dan membedakan antara arus gangguan dan arus normal di setiap frekuensi. Pada rangkaian masukan $x(n)$ dan untuk koefisien filter $h(n)$, maka untuk mendapatkan rangkaian keluaran dinyatakan sebagai berikut :

$$y(n) = \sum_{k=0}^{n-1} h(k)x(n-k) \quad (2.1)$$

Persamaan diatas merupakan suatu persamaan cara sebuah sinyal masukan yang kemudian akan ditransformasikan menggunakan transformasi wavelet diskrit sehingga outputan akan menghasilkan koefisien transformasi wavelet diskrit.

Frekuensi tinggi akan menyebabkan beberapa bagian dari sinyal yang tidak berbentuk sinusoidal. Hal tersebut harus bisa dibedakan antara arus arc dengan arus normal pada frekuensi masing-masing dan domain waktu. Transformasi wavelet akan sangat baik untuk melakukan suatu pendeteksian arus gangguan atau arcfault.

Transformasi Wavelet Diskrit pada tugas akhir ini selanjutnya akan disebut sebagai Arus *High Frequency* yang akan digunakan sebagai sinyal pendeteksian. Arus akan ditransformasikan ke dalam bentuk wavelet dan akan meghasilkan koefisien dengan pola tertentu dan akan divariasikan menjadi variabel-variabel yang akan menjadi parameter pendeteksian gangguan dengan membandingkan beberapa kondisi yaitu ketika kondisi normal, *switching* dan kondisi *arcing*.

{Halaman ini sengaja dikosongkan}

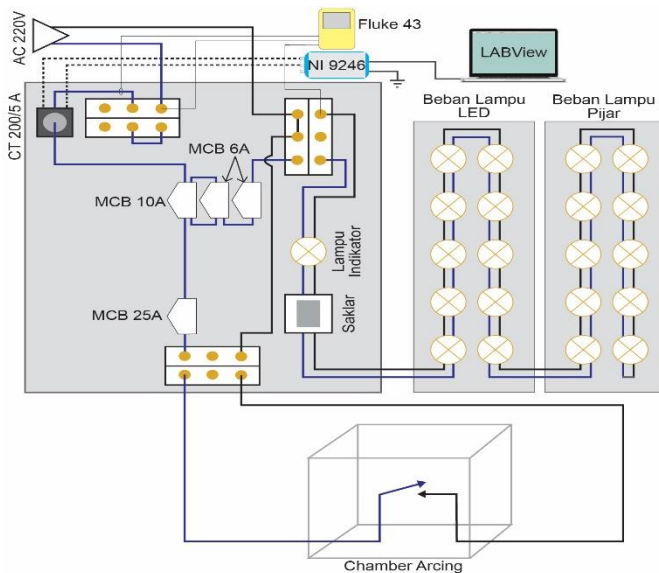
BAB III

PERANCANGAN ALAT EKSPERIMEN, PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

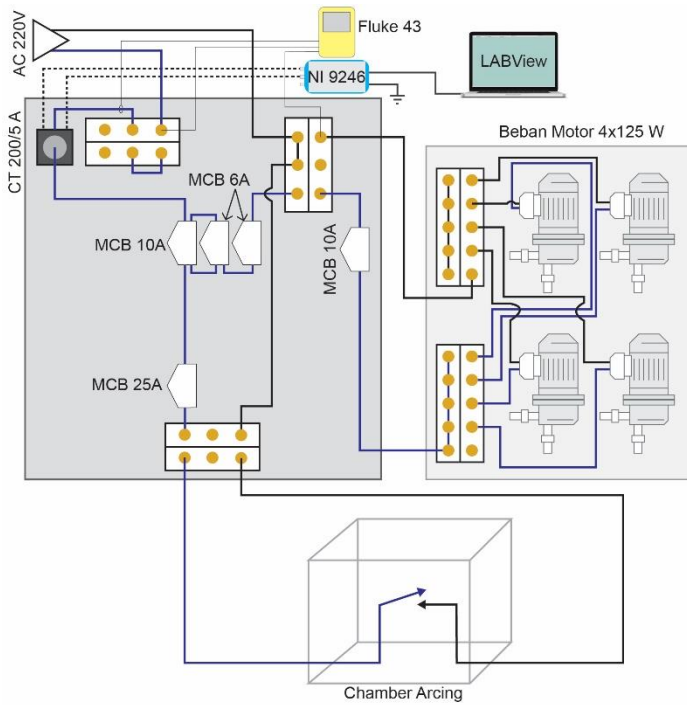
Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan alat eksperimen untuk percobaan *arcing* pada tegangan rendah, pengambilan data arus serta pengolahan data *arcing* pada tegangan rendah.

3.1 Perancangan Alat Eksperimen

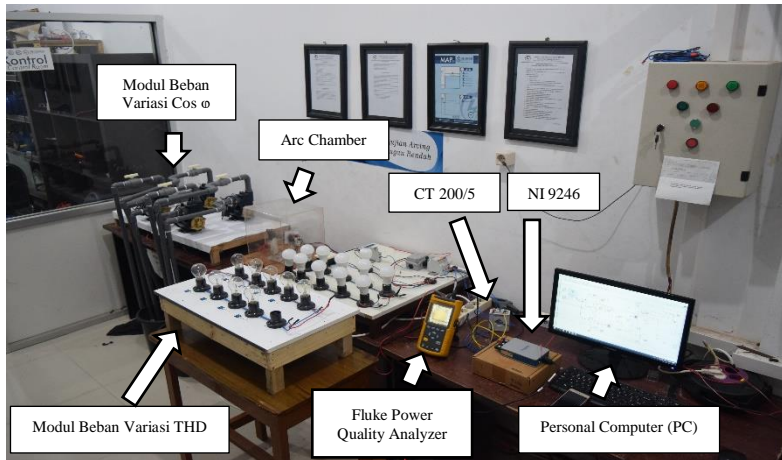
Pada eksperimen untuk tugas akhir kali ini akan menggunakan 2 buah beban, yaitu beban variasi THD dengan menggunakan lampu LED dan lampu pijar serta beban variasi $\cos \phi$ dengan menggunakan pompa air. Beban-beban tersebut digunakan untuk memodelkan fenomena *arcing* pada tegangan rendah dengan 3 kondisi yakni kondisi beban normal, penambahan beban *switching* dan kondisi saat *arcing*. Skema dari beban-beban yang digunakan akan ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2 dan alat eksperimen *arcing* tegangan rendah juga ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.1 Skema Beban Variasi THD pada *Arcing* Tegangan Rendah



Gambar 3.2 Skema Beban Variasi $\cos \phi$ pada Arcing Tegangan Rendah



Gambar 3.3 Alat Eksperimen pada *Arcing* Tegangan Rendah

Peralatan yang digunakan pada tugas akhir kali ini berupa *hardware* dan *software*. Peralatan *hardware* yang digunakan adalah kombinasi lampu LED dengan lampu pijar dengan total daya 200 Watt, pompa air dengan daya 125 Watt pada masing-masing pompa air sebanyak 4 buah sehingga total dayanya sebesar 500 Watt, *Fluke Power Quality Analyzer*, *Current Transformer* (CT) dengan rasio 200/5, *Miniatur Circuit Breaker* (MCB), kabel konduktor serabut dengan luas penampang 1,5 mm² (kabel NYMHY 2x1,5mm²), arc chamber akrilik serta NI 9246 yang digunakan untuk merekam arus. Pada tugas akhir kali ini juga menggunakan *software* LabView, dimana pada *software* tersebut memuat program deteksi *arcing* tegangan rendah yang akan digunakan sebagai bagian dari proses pengambilan data untuk mengetahui keadaan/kondisi (normal, *switching* serta *arcing*) yang terjadi pada saat melakukan eksperimen.

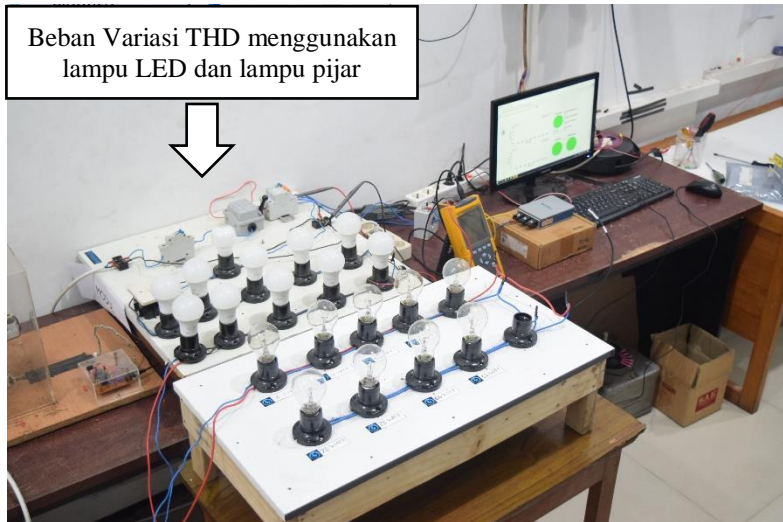
3.1.1 Beban Variasi THD

Lampu LED dan lampu pijar merupakan salah satu peralatan yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, beban variasi THD dengan penggunaan lampu LED dan lampu pijar dalam tugas akhir ini akan mewakili suatu beban non linear yang menjadi topik tugas akhir. Total daya dari kombinasi beban lampu tersebut sebesar 200 Watt.

Kombinasi beban lampu LED dengan lampu pijar akan dibuat menjadi 10 *case*, dimana nilai total daya dari kombinasi beban tersebut menjadi variabel tetap dan banyaknya lampu LED dengan lampu pijar menjadi variabel yang diubah-ubah. Dari *case-case* yang telah dibuat, akan dilakukan pengambilan data pada 3 kondisi (normal, *switching* dan *arcing*). Dengan menggunakan beberapa beban lampu LED, maka akan memiliki nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) yang lebih besar dibandingkan dengan lampu pijar, sehingga dengan adanya kombinasi lampu akan menghasilkan nilai THD yang berbeda-beda pada setiap *case*. Berdasarkan hal tersebut akan dilihat pengaruh dari nilai THD terhadap program deteksi *arcing* yang telah dibuat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Beban Variasi THD

Case	Beban Variasi THD		Daya
	LED	Lampu Pijar	
1	10 x 10 W	1 x 100 W	200 W
2	9 x 10 W	(2 x 10 W) + (1 x 60 W) + (2 x 15 W)	200 W
3	8 x 10 W	1 x 60 Watt	200 W
4	7 x 10 W	(1 x 10 W) + (2 x 60 W)	200 W
5	6 x 10 W	(2 x 60 W) + (2 x 10 W)	200 W
6	5 x 10 W	(1 x 75 W) + (1 x 60 W) + (1 x 15 W)	200 W
7	4 x 10 W	(2 x 75 W) + (1 x 10 W)	200 W
8	3 x 10 W	(2 x 10 W) + (2 x 60 W) + (2 x 15 W)	200 W
9	2 x 10 W	(2 x 75 W) + (2 x 15 W)	200 W
10	1 x 10 W	(2 x 75 W) + (2 x 15 W) + (1 x 10 W)	200 W



Gambar 3.4 Rangkaian Beban Variasi THD menggunakan Lampu LED dengan Lampu Pijar

3.1.2 Beban Variasi $\cos \phi$

Dalam pengambilan data untuk beban induktif pada tugas akhir ini menggunakan beban pompa air 1 fasa, dimana peralatan ini sering kita jumpai sehingga eksperimen mendekati kondisi nyata yang ada dalam kehidupan sehari-hari. Pada beban variasi $\cos \phi$ digunakan pompa sebanyak 4 buah dengan daya masing-masing pompa sebesar 125 Watt, sehingga total daya beban yang digunakan sebesar 500 Watt. Beban menggunakan pompa air dirangkai secara paralel. Setiap pompa air diberi saklar untuk menghidupkan serta mematikan pompa air. Rangkaian eksperimen dari beban variasi $\cos \phi$ dengan menggunakan pompa air akan ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian Beban Variasi Cos ϕ dengan menggunakan Pompa Air

Dalam penggunaan beban pompa ini akan dilihat pengaruh dari nilai cos ϕ terhadap program deteksi *arcing* tegangan rendah, dimana akan terdapat 4 *case* yaitu mulai dari nilai cos ϕ yang jelek sampai nilai cos ϕ yang bagus. *Case-case* yang digunakan akan ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Beban Variasi Cos ϕ

	Cos ϕ	Daya
Case 1	0,9	500 Watt
Case 2	0,8	500 Watt
Case 3	0,7	500 Watt
Case 4	0,6	500 Watt

3.1.3 Fluke Power Quality Analyzer

Fluke power quality analyzer merupakan suatu peralatan listrik yang digunakan untuk sebuah pengukuran terhadap sistem tenaga listrik sehingga dapat mengetahui masalah kualitas daya. Selain itu, *power quality analyzer* juga dapat digunakan untuk pemeliharaan dalam sistem

tenaga serta mendiagnosis kegagalan dari sebuah peralatan. Alat ini mempunyai fitur yang sangat lengkap karena dapat mengukur tegangan, arus, frekuensi, daya aktif, daya reaktif, daya semu serta faktor daya. Dalam tugas akhir ini menggunakan *Fluke 43B Single Phase Power Quality Analyzer* untuk mengetahui besar nilai THD arus dan *power factor*.

3.1.4 Arc Chamber Akrilik

Arc Chamber yang terbuat dari bahan akrilik yang dapat menyerap panas berlebih sehingga sangat baik digunakan saat melakukan eksperimen untuk mengamankan dari bahaya *spark* atau loncatan bunga api listrik. *Spark* atau loncatan bunga api listrik dapat menjadi penyebab kebakaran apabila menyentuh peralatan seperti kabel atau peralatan yang terdapat di sekitar *chamber*/rangkaian eksperimen. *Chamber* yang digunakan dalam eksperimen mempunyai dimensi ukur dengan panjang 30 cm, lebar 15 cm, tinggi 20 cm serta ketebalan dari *chamber* sebesar 2 mm.

3.1.5 Kabel Konduktor Serabut NYMHY 2x1,5mm²

Aliran arus dari sumber menuju beban pada instalasi listrik tegangan rendah akan melewati sebuah kabel. Kabel yang digunakan pada instalasi tegangan rendah memiliki resiko yang lumayan tinggi terhadap adanya bahaya hubung singkat yang dapat diakibatkan oleh keadaan isolasi kabel yang sudah rusak, seperti kabel yang terkena gigitan binatang (tikus). Untuk menunjang eksperimen kali ini, maka kabel yang digunakan yaitu kabel NYHYM 2x1,5 mm² yang merupakan kabel serabut 1 fasa. Kabel NYHYM 2x1,5 mm² banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari terutama pada pemukiman maupun pasar. Kapasitas arus pada kabel ini sebesar 10 A dan daya yang terpasang sebesar 900 VA atau 1300 VA.

3.1.6 Current Transformer (CT)

Peralatan listrik ini digunakan untuk menaikkan dan menurunkan arus. Nantinya, *current transformer* (CT) akan dihubungkan dengan peralatan lain yaitu NI 9246 sebagai data akuisisi. Ketika kondisi *switching* (penambahan beban dengan variasi THD menggunakan lampu LED dan lampu pijar) dan ketika terjadi hubung singkat, maka nilai dari arus akan sangat besar sehingga harus dilewatkan melalui *current transformer* (CT) sebelum diterima oleh NI 9246 sehingga nilai arus

menjadi lebih kecil dan peralatan menjadi aman. Untuk spesifikasi dari CT yang digunakan pada eksperimen adalah :

Tabel 3.3 Spesifikasi Current Transformer (CT)

Jenis CT	Powell MSQ-30
Rasio CT	200/5
Class CT	1
Range Frekuensi	50-60 Hz

Rasio CT yang digunakan sebesar 200/5, hal itu berarti jika di sisi primer bernilai 200 A, maka pada sisi sekunder akan bernilai 5 A. Sedangkan *Class* CT merupakan suatu tingkat akurasi. Apabila *Class* CT adalah 1, artinya tingkat kesalahan sebesar 1%. Range frekuensi yang digunakan adalah rentan 50-60 Hz sesuai dengan standar yang ada.

3.1.7 *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

Salah satu peralatan listrik yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari yang berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi hubungan singkat atau saat beban lebih yaitu *miniature circuit breaker* (MCB). Ketika besar arus telah melebihi nilai kapasitas arus pada MCB tersebut, maka secara otomatis MCB akan memutuskan arus. Pemakaian MCB sebagai pengaman pada beban variasi THD dan variasi $\cos \phi$ dimodelkan seperti keadaan pada kehidupan sehari-hari seperti pemukiman dan pasar.

3.1.8 *National Instrument (NI) 9246*

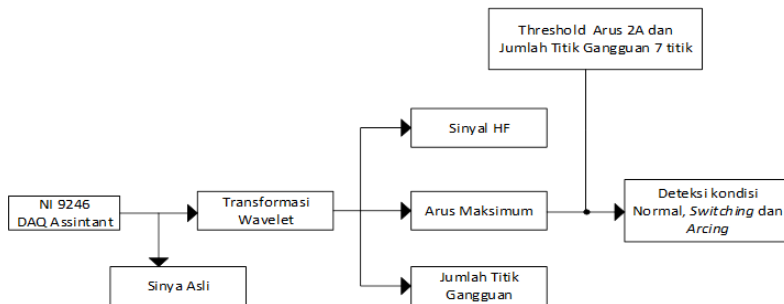
NI 9246 merupakan produk dari *National Instrument*, dimana digunakan sebagai akuisisi data. NI 9246 akan merekam sinyal arus acing dalam bentuk arus bolak-balik (AC) dari sisi sekunder *current transformer* (CT) yang digunakan pada eksperimen. Pada NI 9246 atau yang biasa disebut NI arus memiliki maksimal input arus 1 A atau 5 A yang telah diturunkan skala nilai arus melalui *current transformer* (CT). Untuk dapat mengirimkan data yang telah diambil, maka dibutuhkan kabel USB agar data terkirim ke *personal computer* (PC) pada eksperimen. Pada tabel 3.4 merupakan spesifikasi perekam arus atau NI 9246 yang digunakan pada eksperimen :

Tabel 3.4 Spesifikasi NI 9246

NI 9246	
Sinyal Masukan	<i>Alternating Current</i>
Jumlah input	3 channel (3 fasa arus)
Max Sample Rate	50k Sample/s (per fasa/channel)
Arus Masukan	1 A atau 5 A nominal dari CT
Suhu Operasi	-40°C – 70°C

3.1.9 *Software Labview*

LabView atau *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench* merupakan *software* yang digunakan dalam pemrosesan dan memvisualisasikan data dalam bidang akuisisi data, kendali dari instrumentasi serta automasi industri. Pemrograman pada *software* ini tidak menggunakan *script* melainkan dengan menggunakan bahasa pemrograman grafis (*block diagram*) untuk menjalankan sebuah instruksi. Cara kerja dari *software* ini adalah menjalankan atau mengeksekusi program dengan aliran data yang telah dirancang oleh *user* dan ditampilkan pada *user interface* dari *software* LabView. Terdapat 2 panel kerja utama pada *software* ini, yaitu *front panel* dan *editor panel* dengan format *Visual Instrument* (VI). Dengan pemanggilan beberapa fungsi yang tersedia pada beberapa *toolbox* untuk pembuatan suatu program serta tampilan *user interface* seperti yang diinginkan. Dalam pembuatan program pada LabView menggunakan *block diagram* harus saling interkoneksi antar fungsi (*block*) satu sama lain. *Software* LabView yang digunakan pada eksperimen ini adalah LabView versi 2015.



Gambar 3.6 Blok Diagram Program Deteksi Arcing pada Labview

Pada gambar 3.6 merupakan digram blok pengolahan data pada labview Pada *front panel* yang merupakan *user interface* terhadap pengguna dengan cara eksekusi program yang telah dibuat pada *editor panel*. Data atau sinyal yang dikirim DAQ NI 9246 melalui PC akan diproses oleh LabView. Untuk *software* ini akan direkam dengan format *Technical Data Management Solution* (TDMS). Pada eksperimen kali ini LabView dapat menampilkan arus asli yang telah masuk melalui DAQ NI 9246, arus tersebut telah diolah dengan transformasi wavelet pada visual instrumen sehingga menjadi arus *high frequency* (HF). Eksperimen ini akan mengamati 3 indikator yaitu ketika kondisi normal, *switching* dan *arcng*, dimana akan terdapat batas yang dapat diubah-ubah yaitu *threshold* arus, *threshold* jumlah titik gangguan. Program deteksi ini tidak akan membaca dua kondisi secara bersamaan. Dengan adanya dua *threshold*, yaitu *thershold* arus 2A dan *threshold* titik gangguan, maka program ini akan membaca salah sesuai dengan *threshold* apa yang dilewati. Misalnya, sinyal arus yang masuk melalui DAQ NI 9246 bernilai lebih dari 2A, tetapi titik gangguan yang melebihi 2A hanya terdapat 3 titik, maka program tersebut akan mengkategorikan sinyal tersebut menjadi kondisi *switching* karena hanya melebihi *threshold* satu saja, tidak melebihi *threshold* dua-duanya. Apabila dua *threshold* yang ada dilewati, maka akan dikategorikan sebagai kondisi *arcng*.

3.2 Pengambilan Data

Dalam pengambilan data pada eksperimen deteksi *arcng* tegangan rendah untuk beban non linear dan beban induktif adalah dengan menggunakan alat NI 9246 sebagai perekam arus beban, arus *arcng* ketika terjadi hubung singkat pada kabel dan juga menggunakan *fluke*

power quality analyzer untuk mengetahui besar nilai *total harmonic distortion* (THD) pada beban variasi THD dan nilai $\cos \phi$ pada beban variasi $\cos \phi$. Berikut ini akan dijelaskan pengambilan data pada masing-masing beban yang digunakan.

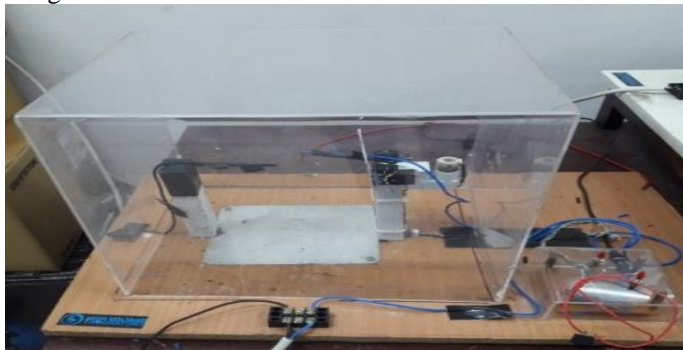
3.2.1 Pengambilan Data Beban Variasi THD

Pengambilan data untuk beban variasi THD akan dilihat data arus beban untuk kondisi normal, *switching* dan *arcng* serta besar nilai *total harmonic distortion* (THD). Data nilai THD yang diambil merupakan THDi atau THD arus. Eksperimen kali ini menggunakan frekuensi sampling sebesar 5k Samples/s yang berarti setiap 1 detik ada 5k data yang direkam oleh DAQ NI 9246. *Fluke power quality analyzer* juga digunakan pada eksperimen, dimana terdiri 2 *probe*, yaitu *probe* untuk fasa dan *probe* untuk netral serta 1 clamp meter. Clamp meter diletakkan di kabel fasa untuk *supply* pada beban. Data beban variasi THD dengan menggunakan kombinasi beban lampu ini akan dibuat menjadi 10 *case*, dimana masing-masing *case* akan ditetapkan nilai daya yang sama yaitu 200 Watt. Sedangkan lampu LED dengan lampu pijar dikombinasikan jumlah dan besarnya nilai daya masing-masing lampu, sehingga menghasilkan total daya seperti yang sudah ditetapkan. Untuk data kondisi *switching* diambil ketika *switch/saklar* untuk beban lampu tersebut diaktifkan, sehingga terjadi lonjakan nilai arus sesaat dan kemudian normal kembali setelah terjadi lonjakan. Pada setiap *case* dilakukan 10x percobaan, sehingga total data yang diambil ketika kondisi *switching* sebanyak 100 data. Ketika kondisi normal, data yang diambil yaitu setelah terjadi lonjakan arus saat kondisi *switching*. Setiap *case* juga diambil sebanyak 10 data, sehingga total data yang diambil sebanyak 100 data.

Eksperimen selanjutnya yaitu eksperimen *arcng* tegangan rendah dengan variasi jumlah serabut. Serabut yang digunakan sebanyak 1 serabut, 3 serabut dan 12 serabut. Pada masing-masing serabut dilakukan 10x percobaan, sehingga setiap *case* dapat dikumpulkan data sebanyak 30 data. Jika dijumlah untuk seluruh *case* yang ada, maka akan didapatkan sebanyak 300 data untuk kondisi *arcng*.

Eksperimen akan menghubungkan 2 kabel konduktor serabut NYHMY 1,5 mm² yang memiliki beda potensial, dimana kabel netral berada dalam posisi diam, sedangkan kabel fasa yang digerakkan dengan bantuan motor DC. Ketika motor DC telah digerakkan, maka akan terjadi kontak antara kabel fasa dan kabel netral, sehingga arus akan naik secara

signifikan dalam durasi yang singkat. Di bawah ini merupakan gambar rangkaian motor DC yang dapat menggerakkan kabel fasa agar terjadi kontak dengan kabel netral :



Gambar 3.7 Skema *Arcing* menggunakan Motor DC sebagai Penggerak Kabel Fasa

3.2.2 Pengambilan Data Beban Variasi $\cos \phi$

Untuk beban variasi $\cos \phi$ yang menggunakan pompa air dimana beban ini mewakili beban induktif yang ada pada kehidupan sehari-hari. Pengambilan data untuk beban variasi $\cos \phi$ akan diklasifikasikan menjadi 4 *case*, mulai dari nilai $\cos \phi$ 0,6, 0,7, 0,8 dan 0,9. Berdasarkan *case* yang ada, akan diambil data berupa nilai arus beban untuk kondisi normal dan *arcing*. Eksperimen beban pompa tidak jauh berbeda dengan beban kombinasi lampu, yakni dengan menggunakan frekuensi sampling yang sama sebesar 5k Sample/s dan juga direkam oleh DAQ NI 9246. Untuk mengetahui besar nilai $\cos \phi$ juga menggunakan *fluke power quality analyzer* dengan peletakan *probe-probe* yang sama seperti beban kombinasi lampu.

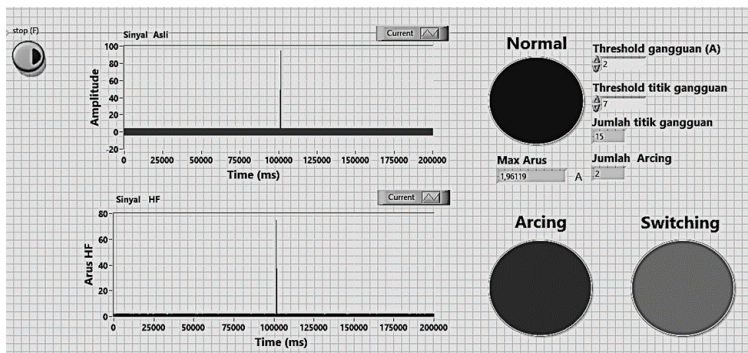
Daya yang digunakan pada masing pompa adalah 125 Watt, sehingga total daya yang digunakan untuk 4 pompa sebesar 500 Watt. Daya tersebut akan dijadikan variabel tetap untuk setiap *case* yang ada. Data yang diambil pada kondisi normal maupun *arcing* adalah 10x percobaan setiap *case*, sehingga untuk data kondisi normal ada 40 data. Pada kondisi normal data yang diambil yaitu ketika arus telah kembali normal sesaat setelah terjadi lonjakan nilai arus.

Untuk eksperimen *arcing*, variasi jumlah serabut juga dijadikan variabel. Serabut yang digunakan dalam eksperimen beban pompa sama seperti pada beban kombinasi lampu, yaitu 1 serabut, 3 serabut dan 12

serabut. Langkah-langkah dalam pengambilan data beban variasi $\cos \phi$ dengan menggunakan pompa air sama seperti beban sebelumnya. Pada eksperimen ini masing-masing *case* juga diambil 10x sampel, sehingga untuk satu *case* terdapat data sebanyak 30 data. Jika dijumlahkan untuk semua *case* yang ada, maka total data sebanyak 120 data untuk kondisi *arcing*.

3.3 Pengolahan Data

Program deteksi yang digunakan yaitu menggunakan *software* Labview, tetapi untuk pengolahan data dilakukan secara *offline* dengan DIAdem untuk 3 kondisi yang ada yaitu *normal*, *switching* dan *arcing*. Pada program Labview yang digunakan, arus yang melalui CT akan ditransformasikan menjadi sinyal asli, sehingga yang tampil pada *user interface* memiliki amplitudo yang sama seperti sinyal asli dari eksperimen yang telah dilakukan. Sinyal asli akan diproses konvolusi transformasi wavelet melalui diagram blok pada Labview. Grafik sinyal *High Frequency* (HF) akan ditampilkan pada *user interface* untuk mengetahui bentuk sinyal serta besar nilai arus HF. Diagram blok pada Labview juga digunakan untuk mengolah sinyal untuk dapat dianalisa setiap satuan data. Data-data yang masuk dari sebuah sinyal yang terekam tersebut akan dibandingkan dengan *threshold* yang telah ditentukan pada program deteksi yang ada, yaitu *threshold* nilai arus HF dan *threshold* jumlah titik gangguan HF yang telah melewati nilai *threshold* arus yang ditentukan. Salah satu contoh hasil pengolahan data pada gambar 3.8



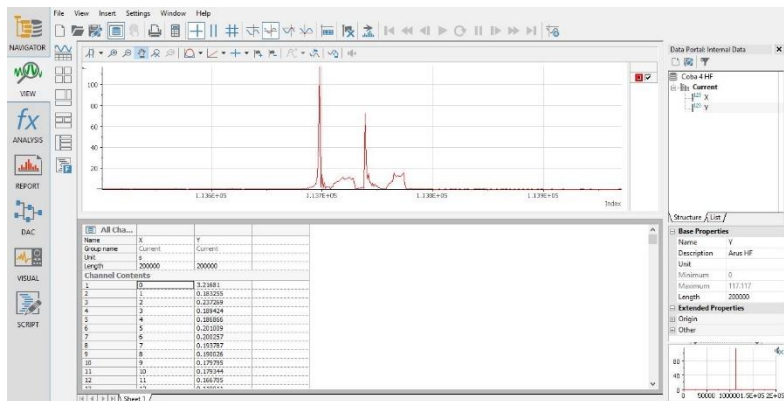
Gambar 3.8 Program deteksi *arcing* pada tampilan *user interface* Labview

3.3.1 Proses Pemotongan Sinyal

Pada proses pemotongan sinyal ini akan menggunakan *software* DIADEM. *Software* ini merupakan satu kesatuan dari *National Instrument* yang berfungsi sangat cepat dalam memvisualisasikan, menganalisis mengolah data yang telah melalui proses akuisisi data oleh Labview. Data keluaran dari proses data logging oleh Labview akan disimpan dalam format *NI Technical Data Management Solution* ('.tdms').

Proses pengolahan data dengan DIADEM merupakan proses pengolahan data secara *offline* yang meliputi pemotongan sinyal ketika kondisi normal, *switching* dan *arcing* dalam satuan detik tertentu. Banyaknya data yang direkam oleh NI 9246 menyebabkan sinyal harus dipotong agar memudahkan dalam pengolahan data serta dalam menampilkan bentuk sinyal ketika kondisi *switching* dan *arcing*, dimana pada kondisi tersebut akan terjadi peningkatan nilai arus yang sangat signifikan dibandingkan dengan kondisi normal.

Pada *software* DIADEM memiliki banyak toolbar dengan fungsi yang berbeda untuk masing masing toolbar. Untuk proses pemotongan data dapat dilakukan pada *toolbar view*. Analisa dilakukan untuk setiap 50 data (*samples to read*) atau dianalisa setiap $\frac{1}{2}$ cycle. Sinyal yang ditampilkan pada DIADEM yaitu berisi nilai amplitudo dari arus pada masing-masing kondisi sesuai dengan frekuensi sampling yang digunakan. Di bawah ini akan ditunjukkan program DIADEM yang digunakan untuk proses pemotongan sinyal :



Gambar 3.9 Grafik Pengolahan Sinyal pada DIADEM pada *Toolbar View*

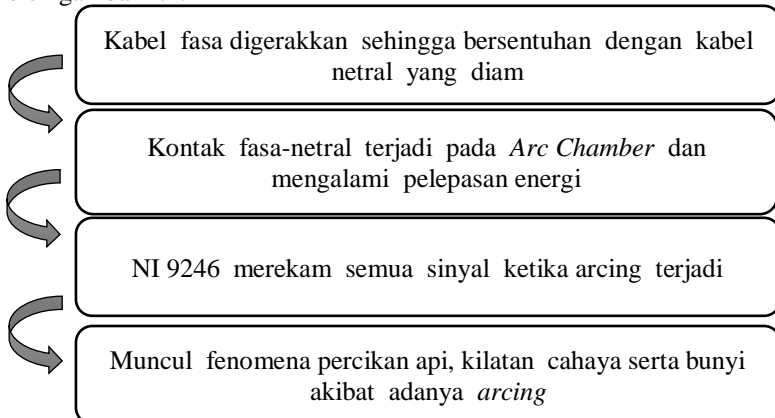
BAB IV

ANALISIS HASIL PENGUJIAN

4.1 Mekanisme Kondisi *Arcing* pada Tegangan Rendah

Pada masing-masing kondisi dilakukan pengambilan data dengan cara merekam arus yang mengalir pada sisi sekunder dari CT yang digunakan. Pengambilan data dengan beban yang telah ditentukan yaitu beban variasi THD serta beban variasi $\cos \phi$ dilakukan untuk mengetahui karakteristik masing-masing kondisi serta pengaruh dari perubahan nilai $\cos \phi$ dan THD.

Pengambilan data untuk kondisi *arcing* dilakukan dengan cara menghubungkan-singkatkan antar kabel fasa dengan kabel netral, dimana kabel fasa akan digerakkan dengan suatu motor DC sehingga akan menyentuh kabel netral yang berada pada posisi tidak bergeak. Ketika terjadi hubung singkat muncul fenomena percikan api (*spark*), kilatan cahaya serta bunyi akibat melelehnya kabel konduktor yang bersentuhan. Peristiwa tersebut terjadi di dalam *arc chamber* akrilik agar peralatan atau objek sekitar tidak terkena percikan api yang dihasilkan. Penjelasan mengenai mekanisme busur api listrik yang dihasilkan akan ditunjukkan oleh gambar 4.1.



Gambar 4.1 Mekanisme terjadinya Busur Api Listrik

4.1.1 Pengolahan Data secara *Offline*

Pengolahan data dilakukan serta ditampilkan dalam bentuk grafik dengan *software* DIAdem. Pengolahan dilakukan untuk mengamati

beberapa parameter yang dijadikan *threshold*, yaitu jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* 2 A serta banyaknya arcng setiap $\frac{1}{2}$ cycle atau setiap 50 data ketika terjadi hubung singkat. Hasil dari pengolahan data tersebut digunakan untu penentuan *threshold* baru untuk membedakan antara kondisi arcng dan *switching* terhadap program deteksi pada Labview.

4.2 Data Hasil Percobaan

Dalam subbab ini akan menjelaskan tentang hasil pengambilan data secara menyeluruh pada masing-masing kondisi yaitu kondisi normal, *switching* dan *arcng*. Untuk pengolahan data pada DIAdem harus memotong data arus yang direkam karena terlalu banyak. Hal itu ditujukan untuk memudahkan dalam pengolahan data serta menganalisa. Pada eksperimen ini menggunakan frekuensi sampling 5k/s yang berarti akan dilakukan analisa setiap 50 data, dapat diperoleh dari persamaan berikut ini :

$$\frac{1}{2} \text{ cycle} = \frac{1}{2} \frac{\text{frekuensi sampling}}{50} = \frac{1}{2} \times \frac{5000}{50} = 50$$

Data yang dianalisa pada kondisi normal, *switching* dan *arcng* meliputi arus maksimum, arus saat hubung singkat, jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus, serta jumlah *arcng* yang muncul ketika percobaan dilakukan. Dari eksperimen ini juga terdapat variasi perubahan nilai $\cos \phi$ yang terdapat pada tabel 3.2 sebelumnya dan perubahan nilai THD yang tedapat pada tabel 3.1 serta variasi jumlah serabut. Dari variasi-variasi yang ada akan dilihat pengaruh terhadap keadaan yang akan dianalisa yang meliputi arus maksimum, arus saat hubung singkat, jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus, serta jumlah arcng. Tabel 4.1 dibawah ini menunjukkan banyaknya data yang diolah pada tugas akhir.

Tabel 4.1 Percobaan Beban Variasi THD

Kondisi	Case	Serabut	Percobaan tiap case	Jumlah Percobaan
Normal	1 sampai 10		10	100
<i>Switching</i>	1 sampai 10		10	100
<i>Arcng</i>	1 sampai 10	1 ,3 ,12	10	300
Total				500

Tabel 4.2 Percobaan Beban Variasi Cos ϕ

Kondisi	Case	serabut	Percobaan tiap Case	Jumlah Percobaan
Normal	1 sampai 4	1,3,12	10	120
Arcing	1 sampai 4	1,3,12	10	120
Total				240

Pada tabel diatas telah menjelaskan banyaknya data yang diambil ketika melakukan percobaan pada semua kondisi dengan total data sebanyak 740 buah data. Akan tetapi, pada buku tugas akhir ini hanya ditampilkan beberapa sampel data untuk masing-masing kondisi.

4.3 Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal, *Switching* dan *Arcing*

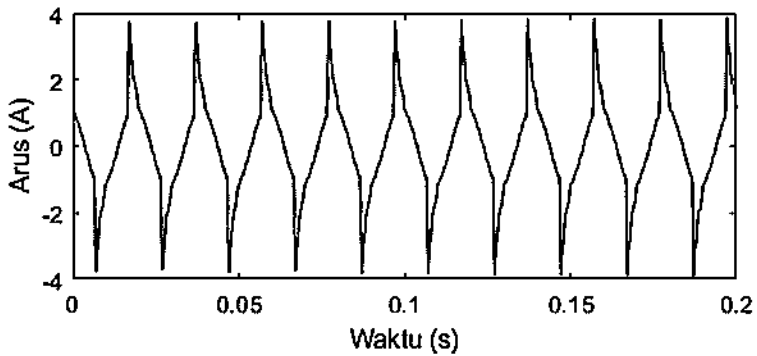
Pada subbab ini akan dijelaskan grafik sinyal asli ketika kondisi normal, *switching* dan arcing pada beban variasi nilai THD dan beban variasi nilai cos ϕ .

4.3.1 Grafik Sinyal Asli pada Beban Variasi THD

Dalam subbab ini akan ditunjukkan mengenai sinyal asli sebelum ditransformasi wavelet pada semua kondisi, yaitu sinyal asli pada kondisi normal, *switching* dan *arcing*

4.3.1.1 Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal

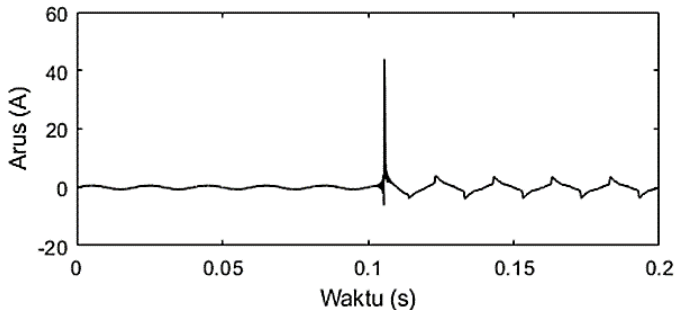
Berikut ini merupakan sinyal asli pada kondisi normal pada *case* 1, yaitu dengan beban menggunakan 10 lampu LED dengan total daya 100 watt dan 1 lampu pijar dengan daya 100 watt.



Gambar 4.2 Grafik Sinyal Kondisi Normal (THDi 33,81 %)

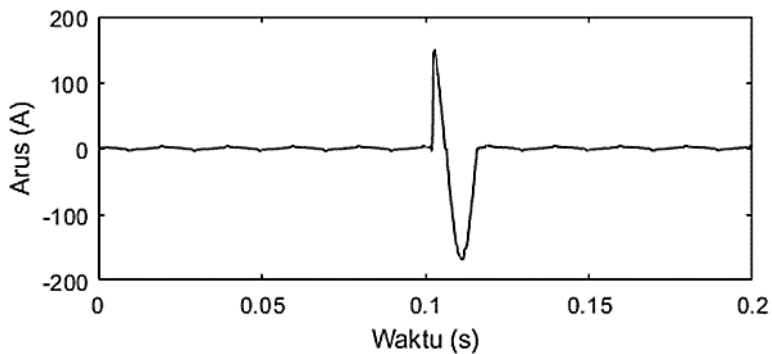
4.3.1.2 Grafik Sinyal Asli Kondisi Switching

Berikut ini merupakan sinyal asli pada kondisi normal pada *case* 1, yaitu dengan beban menggunakan 10 lampu LED dengan total daya 100 watt dan 1 lampu pijar dengan daya 100 watt.



Gambar 4.3 Grafik Sinyal Kondisi Switching (THDi 41,4 %)

Berikut ini merupakan sinyal asli pada kondisi normal pada *case* 1, yaitu dengan beban menggunakan 10 lampu LED dengan total daya 100 watt dan 1 lampu pijar dengan daya 100 watt serta jumlah serabut sebanyak 12 serabut.



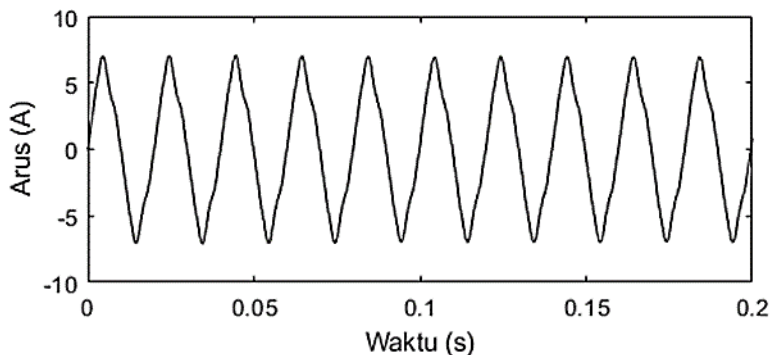
Gambar 4.4 Grafik Sinyal Asli Kondisi *Arcing* 12 Serabut pada *case* 1 (THDi 39,79 %)

4.3.2 Grafik Sinyal Asli pada Beban Variasi $\cos \phi$

Dalam subbab ini akan ditunjukkan mengenai sinyal asli sebelum ditransformasi wavelet pada semua kondisi, yaitu sinyal asli pada kondisi normal dan *arcing*

4.3.2.1 Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal

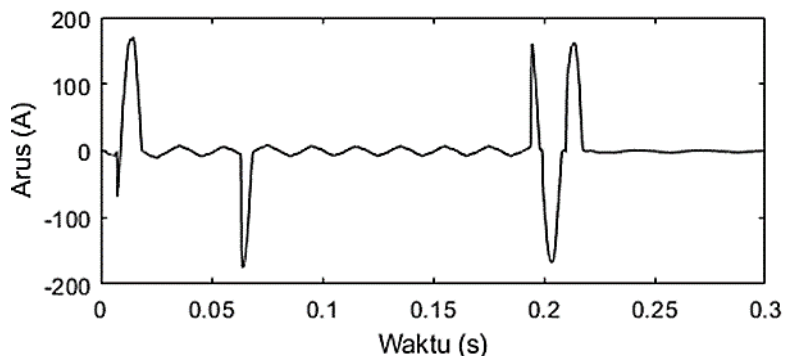
Pada subbab ini akan ditunjukkan sinyal asli dari beban variasi $\cos \phi$, dimana pembebanan menggunakan pompa air dengan daya total 500 watt.



Gambar 4.5 Grafik Sinyal Asli Kondisi Normal ($\cos \phi = 0,8$)

4.3.2.2 Grafik Sinyal Asli Kondisi Arcing

Pada subbab ini akan ditunjukkan sinyal asli dari beban variasi $\cos \phi$, dimana pembebanan menggunakan pompa air dengan daya total 500 watt dan dilakukan kontak kabel fasa dan netral sebanyak 12 serabut.

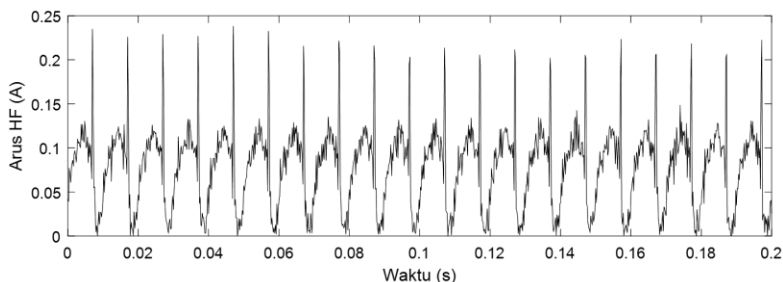


Gambar 4.6 Grafik Sinyal Asli Kondisi Arcing 12 Serabut ($\cos \phi = 0,8$)

4.4 Analisis Data pada Beban Variasi THD

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai karakteristik data pada kondisi normal dan *switching*, kondisi ketika hubung singkat (*arcing*), pengaruh THD terhadap nilai arus HF dan jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus melalui grafik persebaran data.

Pengolahan data yang dilakukan yaitu menggunakan transformasi wavelet diskrit. Dalam hal ini, transformasi wavelet hanya untuk mengubah sinyal asli menjadi sinyal *High Frequency* yang bertujuan untuk memperoleh variabel atau nilai tertentu sesuai dengan yang diinginkan serta memudahkan dalam melakukan analisa.



Gambar 4.7 Hasil Transformasi Wavelet Kondisi Normal pada *Case 10* (THD 4,59 %)

Berdasarkan gambar 4.7 diatas, tidak ada sinyal yang berada di bawah sumbu-x. Hal itu terjadi karena sinyal telah dibuat absolut pada program di Labview dengan agar mudah dalam melakukan analisa.

4.4.1 Karakteristik Nilai THD Arus, Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi Normal dan *Switching*

Definisi dari arus maksimum yaitu nilai amplitudo arus HF (*high frequency*) yang merupakan nilai arus tertinggi ketika melakukan eksperimen baik kondisi normal maupun kondisi *switching*. Dengan bantuan *software* DIAdem, arus HF dapat ditentukan dengan menggunakan *cross hair measurement*. Untuk kondisi normal dan *switching* menggunakan *threshold* arus sebesar 2A dan *threshold* jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus sebanyak 7 titik dalam melakukan eksperimen. Batas yang digunakan ini merupakan *threshold* pada penelitian sebelumnya yaitu pendeteksian beban resistif [4]. Data-data yang akan ditunjukkan di bawah ini bertujuan untuk membandingkan kondisi normal dan *switching*, apabila tidak sesuai dengan *threshold* yang digunakan pada eksperimen saat ini, maka akan ditentukan *threshold* baru untuk beban variasi THD. Berikut ini merupakan data perbandingan antara kondisi *switching* dan *arcing*.

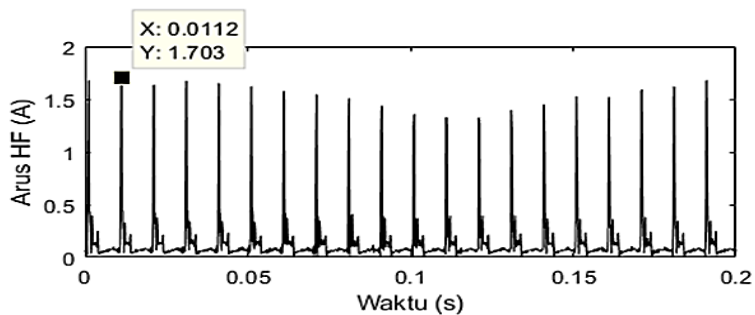
Tabel 4.3 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan

Case	Nilai THDi (%)	Normal		Nilai THDi (%)	<i>Switching</i>	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > <i>threshold</i> arus		Arus HF Maks	Jumlah Titik > <i>threshold</i> arus
1	33,81	1,69	0	41,4	49,97	15
2	33,81	1,69	0	35,9	48,56	15

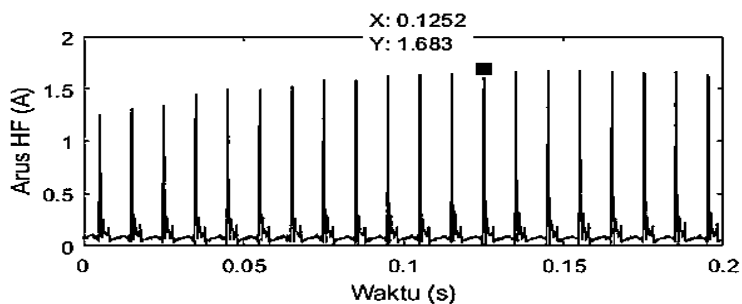
Case	Nilai THDi (%)	Normal		Nilai THDi (%)	Switching	
		Arus HF Maks	Jumlah Titik > <i>threshold</i> arus		Arus HF Maks	Jumlah Titik > <i>threshold</i> arus
3	30,79	1,52	0	32,8	46,13	15
4	26,86	1,35	0	29	41,42	12
5	22,61	1,18	0	24,9	36,49	13
6	20,41	0,99	0	22,8	30,77	8
7	17,18	0,79	0	20,1	25,65	7
8	11,07	0,67	0	14,5	17,77	9
9	8,61	0,49	0	12,1	14,75	6
10	4,59	0,28	0	6,9	13,94	4

Berdasarkan data pada tabel 4.3 yang diperoleh dari hasil eksperimen terlihat bahwa nilai THD arus akan semakin turun seiring berkurangnya jumlah lampu LED yang digunakan pada variasi THD. Nilai dari THD arus saat kondisi normal lebih kecil dibandingkan dengan kondisi *switching* disebabkan oleh adanya lonjakan nilai arus ketika beban dinyalakan menggunakan saklar/*switch*. Pada kondisi normal nilai arus HF maksimum tidak melebihi batas *threshold* arus 2A, tetapi terdapat kenaikan arus pada kondisi normal seiring banyaknya lampu LED yang dijadikan beban. Jumlah titik gangguan tidak terdeteksi atau bernilai 0 untuk semua *case* yang telah dilakukan eksperimen.

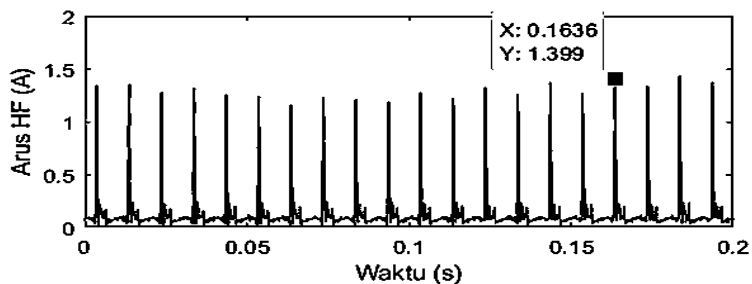
Pada kondisi *switching*, nilai THD arus juga semakin besar ketika jumlah lampu LED yang digunakan sebagai beban semakin banyak. Dari segi jumlah titik gangguan, terdapat beberapa *case* yang melebihi *threshold* 7 titik gangguan. Hal ini berarti bahwa *threshold* jumlah titik gangguan sebanyak 7 titik tidak bisa dijadikan acuan untuk beban variasi THD. Sedangkan untuk nilai arus HF maksimum akan semakin besar dengan banyaknya lampu LED yang digunakan untuk pembebanan.



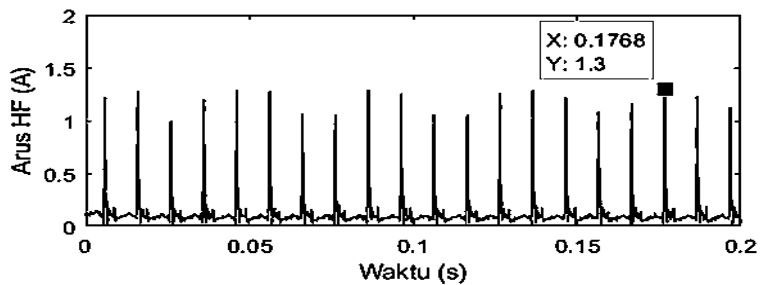
Gambar 4.8 Grafik Kondisi Normal *Case 1* (THDi 33,81%)



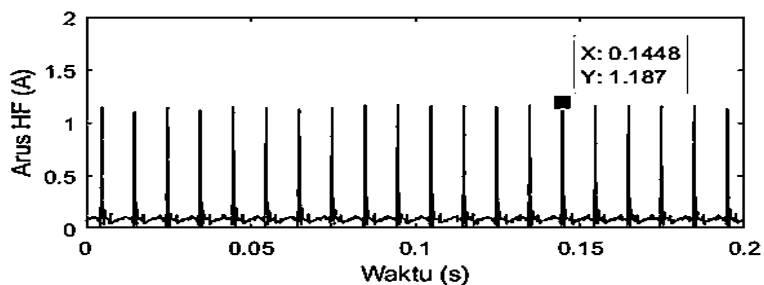
Gambar 4.9 Grafik Kondisi Normal *Case 2* (THDi 33,81 %)



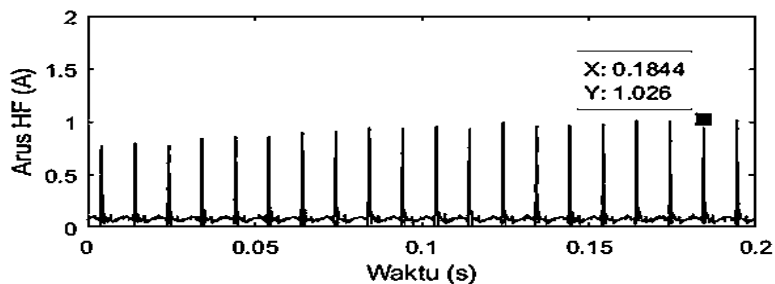
Gambar 4.10 Grafik Kondisi Normal *Case 3* (THDi 30,79 %)



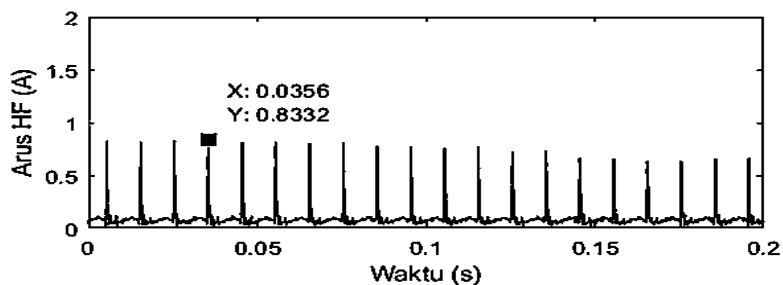
Gambar 4.11 Grafik Kondisi Normal *Case 4* (THDi 26,86%)



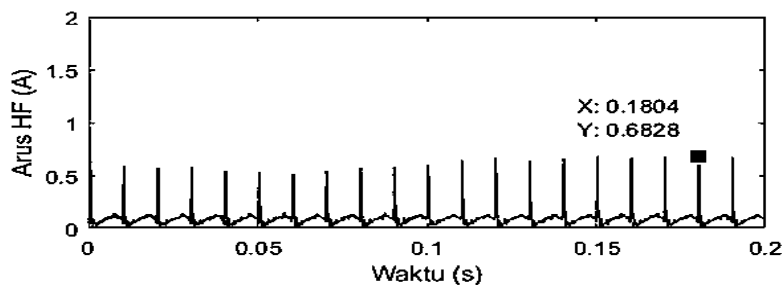
Gambar 4.12 Grafik Kondisi Normal *Case 5* (THDi 22,61%)



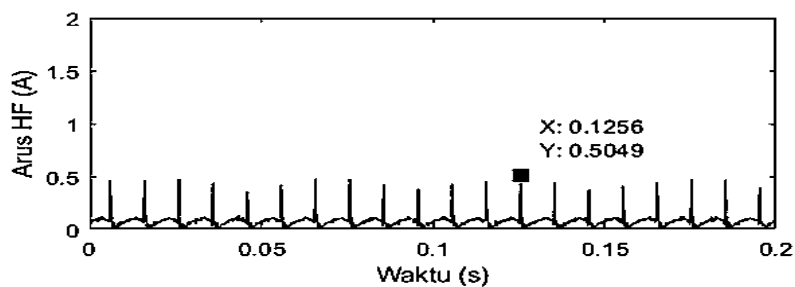
Gambar 4.13 Grafik Kondisi Normal *Case 6* (THDi 20,41%)



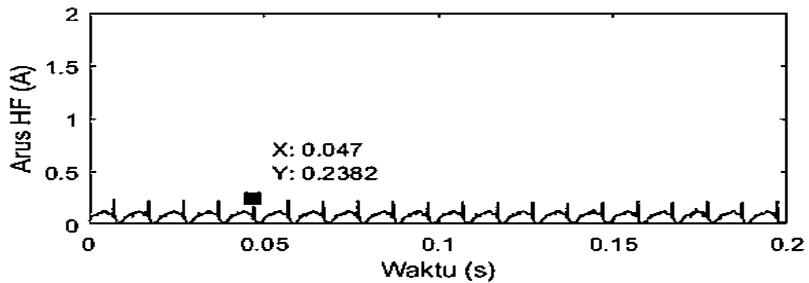
Gambar 4.14 Grafik Kondisi Normal *Case 7* (THDi 17,18%)



Gambar 4.15 Grafik Kondisi Normal *Case 8* (THDi 11,07%)

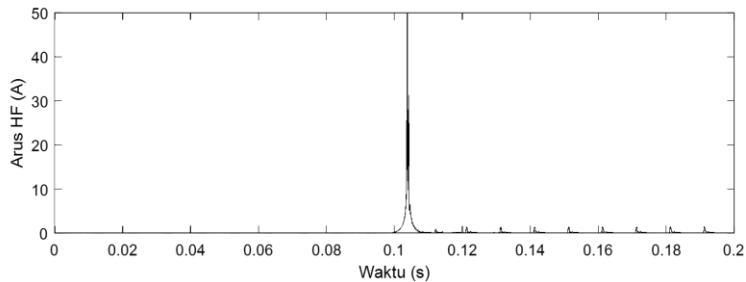


Gambar 4.16 Grafik Kondisi Normal *Case 9* (THDi 8,61%)

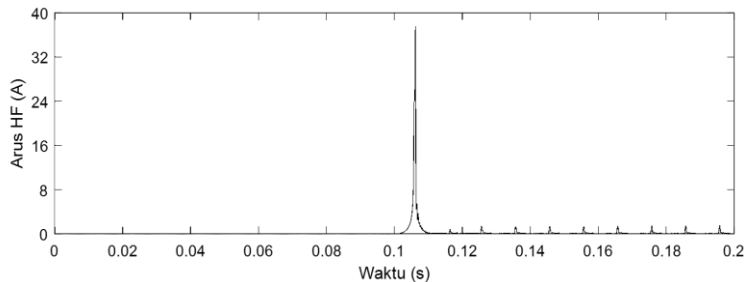


Gambar 4.17 Grafik Kondisi Normal *Case 10* (THDi 4,59%)

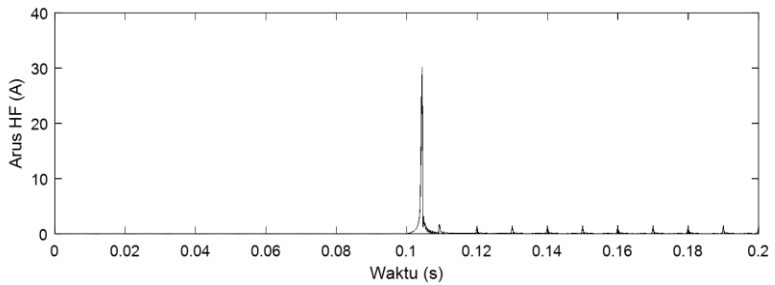
Berdasarkan gambar 4.8 - 4.17 terlihat bahwa pengaruh banyaknya lampu LED yang digunakan sebagai beban akan sebanding dengan peningkatan nilai arus HF maksimum. Dengan kata lain, nilai dari THD arus akan berbanding lurus dengan arus HF dan banyaknya jumlah titik gangguan yang dihasilkan.



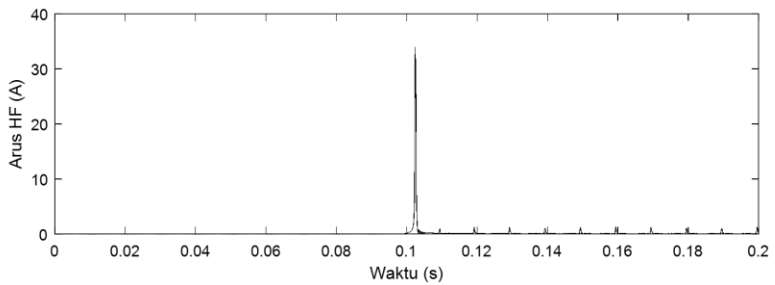
Gambar 4.18 Grafik Kondisi *Switching Case 1* (THDi 41,4%)



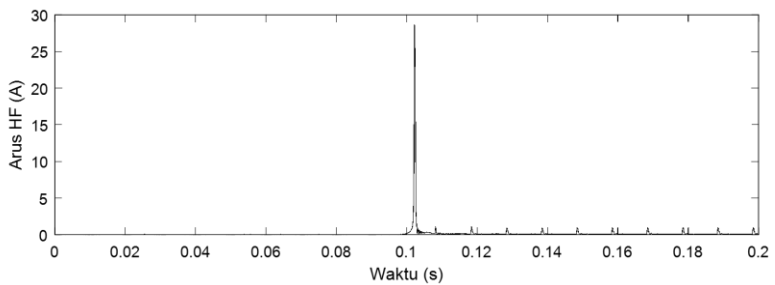
Gambar 4.19 Grafik Kondisi *Switching Case 2* (THDi 35,9%)



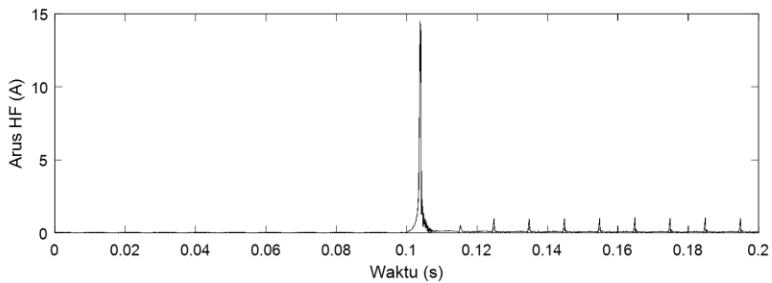
Gambar 4.20 Grafik Kondisi *Switching Case 3* (THDi 32,8%)



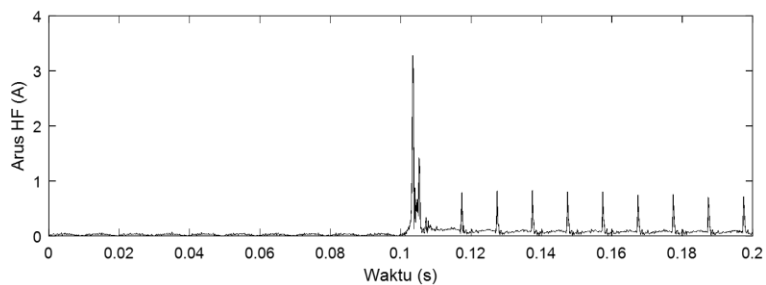
Gambar 4.21 Grafik Kondisi *Switching Case 4* (THDi 29%)



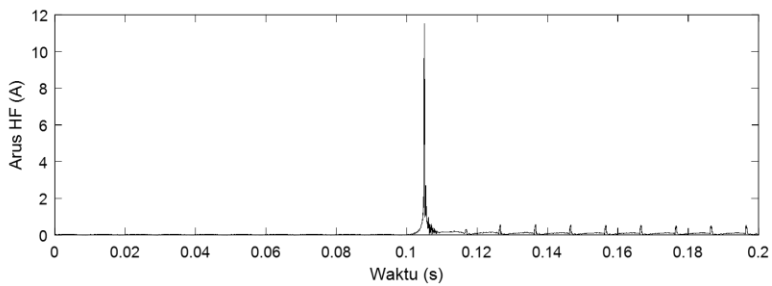
Gambar 4.22 Grafik Kondisi *Switching Case 5* (THDi 24,9%)



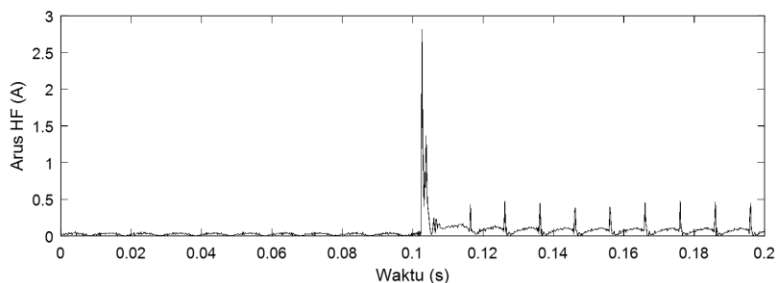
Gambar 4.23 Grafik Kondisi *Switching Case 6* (THDi 22,8%)



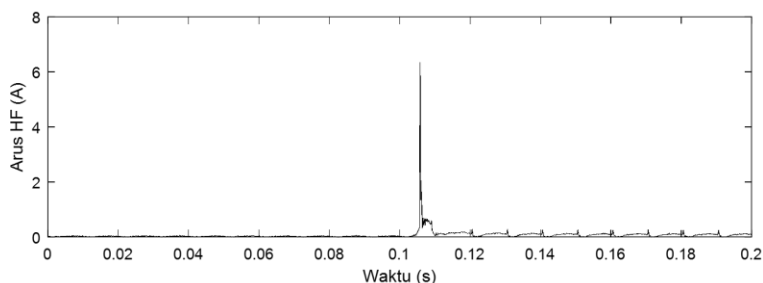
Gambar 4.24 Grafik Kondisi *Switching Case 7* (THDi 20,1%)



Gambar 4.25 Grafik Kondisi *Switching Case 8* (THDi 14,5%)



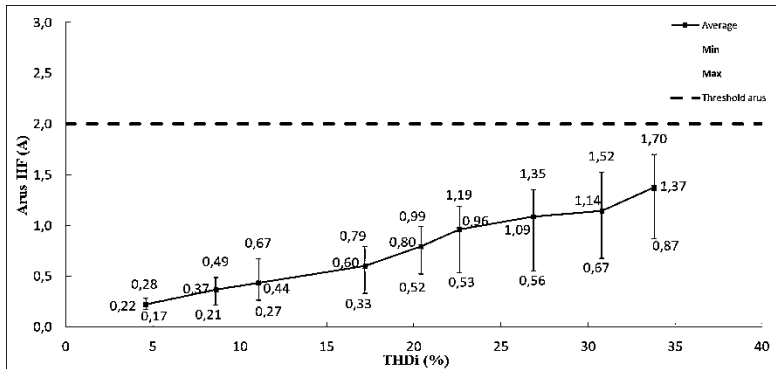
Gambar 4.26 Grafik Kondisi *Switching* Case 9 (THDi 12,1%)



Gambar 4.27 Grafik Kondisi *Switching* Case 10 (THDi 6,9%)

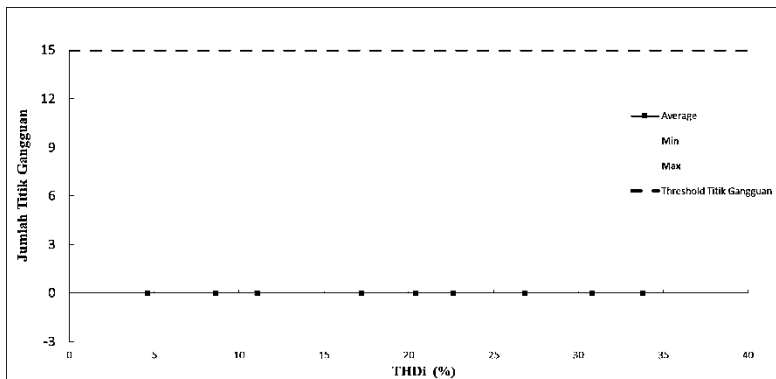
4.4.2 Analisis Persebaran Data Kondisi Normal dan *Switching*

Dalam subbab ini, seluruh data dari hasil eksperimen akan ditampilkan dengan tujuan mengetahui persebaran data arus HF maksimum, rata-rata dan minimum juga mengetahui pengaruh variasi THD terhadap jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold*.



Gambar 4.28 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal

Berdasarkan gambar 4.28 diatas terlihat bahwa dengan semakin besarnya nilai THD yang diakibatkan banyaknya variasi penggunaan lampu LED, maka nilai arus yang dihasilkan juga semakin meningkat. Akan tetapi, peningkatan nilai arus pada kondisi normal tetap tidak melebihi nilai *threshold* arus yang telah ditetapkan.

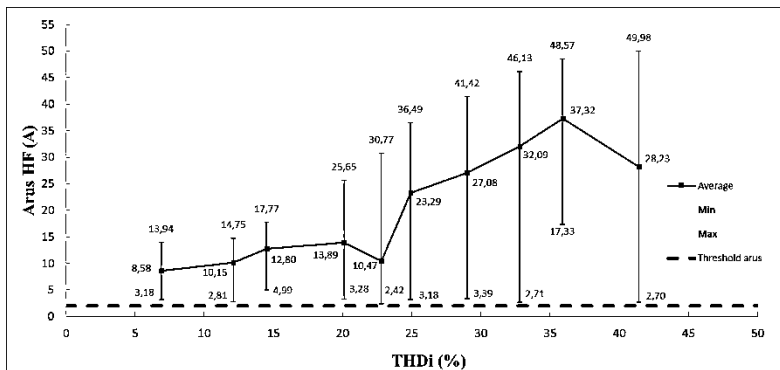


Gambar 4.29 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus pada Kondisi Normal

Pada saat kondisi normal, tidak ada titik gangguan yang melebihi *threshold* arus dan pada grafik juga tidak terjadi kenaikan atau penurunan jumlah titik gangguan. Pada kondisi normal untuk semua *case* yang ada

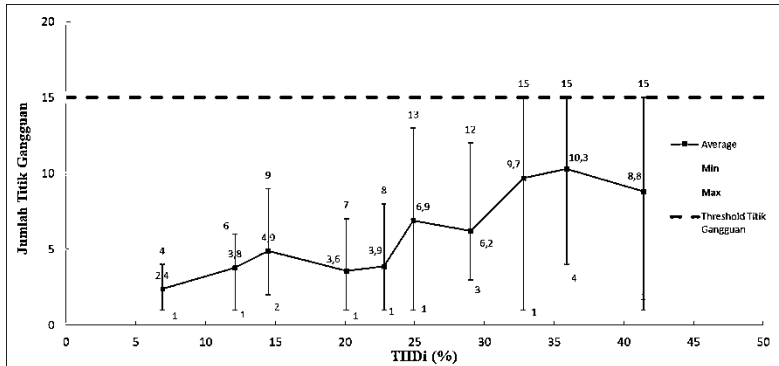
juga menunjukkan hal yang sama. Nilai dari arus HF berkisar antara 0,2 sampai 1,7 A untuk semua *case*.

Kondisi *switching* pada beban variasi THD didapatkan ketika saklar pertama kali diaktifkan dan dalam keadaan program deteksi sudah berjalan sehingga dapat terlihat lonjakan arus yang tinggi dan melebihi *threshold* yang diterapkan. Berikut ini merupakan persebaran data arus HF maksimum, rata-rata dan minimum.



Gambar 4.30 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi *Switching*

Berdasarkan gambar 4.30, terjadi peningkatan nilai arus HF seiring meningkatnya nilai THD. Hal ini berarti bahwa perubahan nilai THD akan berpengaruh terhadap nilai arus HF yang dihasilkan. Dari keseluruhan percobaan yang dilakukan, untuk nilai arus HF melewati batas *threshold* yang telah ditentukan.



Gambar 4.31 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus pada Kondisi *Switching*

Pada saat melakukan eksperimen dengan beban variasi THD, *threshold* arus yang digunakan sebesar 2A. Sedangkan *threshold* jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus sebanyak 7 titik. Dua batas tersebut merupakan *threshold* yang digunakan pada penelitian sebelumnya yaitu dengan menggunakan beban lampu resistif sebagai *threshold* untuk membedakan kondisi normal, *switching* dan *arcing* [4].

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, didapatkan bahwa batas jumlah titik gangguan sebanyak 7 titik tidak bisa dijadikan sebuah *threshold* untuk membedakan antara ketiga kondisi tersebut dalam penggunaan beban variasi THD. Hal itu dikarenakan, ketika kondisi *switching* jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus adalah sebanyak 15 titik gangguan.

4.4.3 Karakteristik Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi *Arcing*

Pada kondisi *arcing* dengan beban variasi THD menggunakan *threshold* arus sebesar 2A dan *threshold* jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus sebanyak 7 titik dalam melakukan eksperimen. Data-data yang akan ditunjukkan di bawah ini bertujuan untuk membandingkan kondisi *arcing* dan *switching*, sehingga dapat ditentukan kategori tersebut dengan *threshold* yang baru. Berikut ini merupakan data kondisi *arcing* pada setiap variasi THD (terdapat pada tabel 3.1) dan banyaknya serabut yang digunakan.

Tabel 4.4 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan

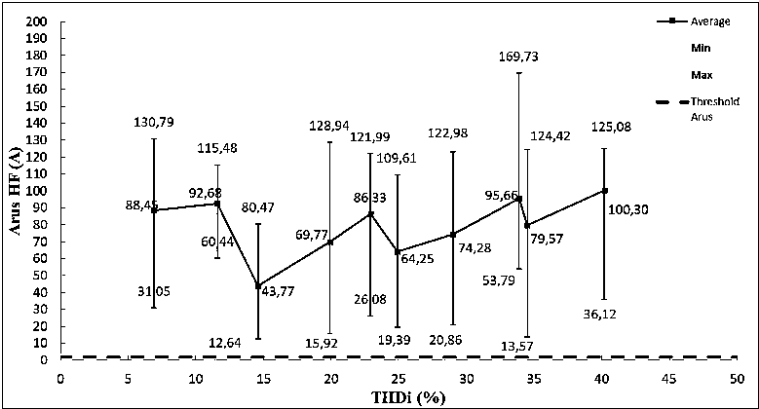
Jumlah Serabut	Case	Nilai THDi (%)	Arus HF Max (A)	Jumlah Titik > <i>threshold</i> arus
1 Serabut	1	40,2	125,08	36
	2	34,5	124,42	45
	3	33,9	169,73	43
	4	29	122,98	40
	5	24,9	109,61	41
	6	22,9	121,99	50
	7	19,9	128,94	39
	8	14,6	80,47	52
	9	11,6	115,48	36
	10	6,9	130,79	64
3 Serabut	1	39,89	128,15	41
	2	35,42	124,42	44
	3	34,4	109,72	40
	4	29,53	127,43	44
	5	24,24	131,96	45
	6	21,66	137,66	63
	7	18,91	126,99	114
	8	11,9	127,76	75
	9	9,11	126,45	37
	10	5,65	129,37	43
12 Serabut	1	39,79	117,49	105
	2	33,51	125,57	77
	3	31,4	175,68	134
	4	26,85	128,13	117
	5	22,89	107,08	218
	6	22,7	181,00	88
	7	19,7	174,99	96
	8	14,09	115,38	218
	9	9,11	120,63	207
	10	5,9	131,60	79

Berdasarkan data pada tabel diatas, arus maksimum ketika terjadi hubung singkat (*arcing*) melebihi *threshold* dan bernilai >100 A pada semua variasi THD. Akan tetapi tidak terdapat *trend* semakin menaik ketika nilai THD juga semakin meningkat. Hal tersebut membuktikan bahwa perubahan nilai THD tidak berpengaruh terhadap *trend* kenaikan nilai arus HF.

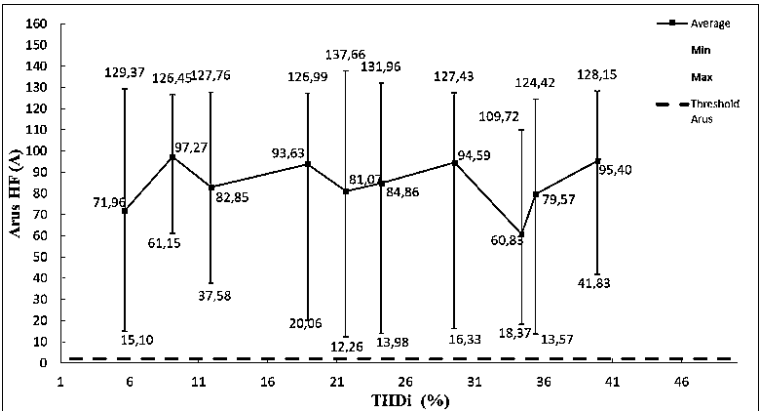
4.4.4 Analisis Persebaran Data pada Kondisi *Arcing*

Dalam subbab ini, seluruh data dari hasil eksperimen akan ditampilkan dengan tujuan mengetahui persebaran data arus HF

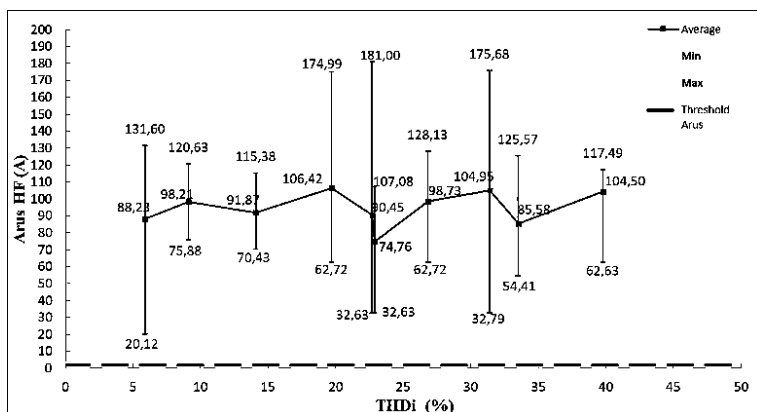
maksimum, rata-rata dan minimum juga mengetahui pengaruh variasi $\cos \phi$ dan banyaknya jumlah serabut terhadap jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold*.



Gambar 4.32 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi *Arcing* 1 serabut



Gambar 4.33 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi *Arcing* 3 serabut

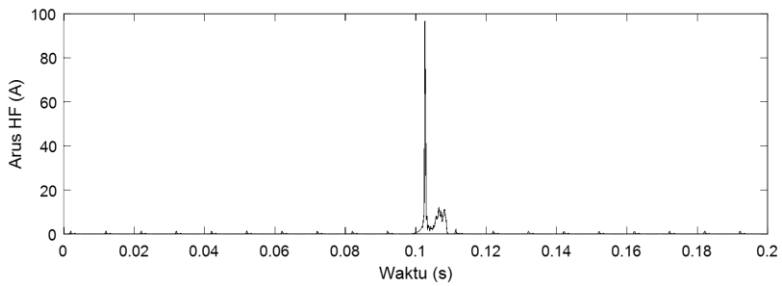


Gambar 4.34 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Arcing 12 serabut

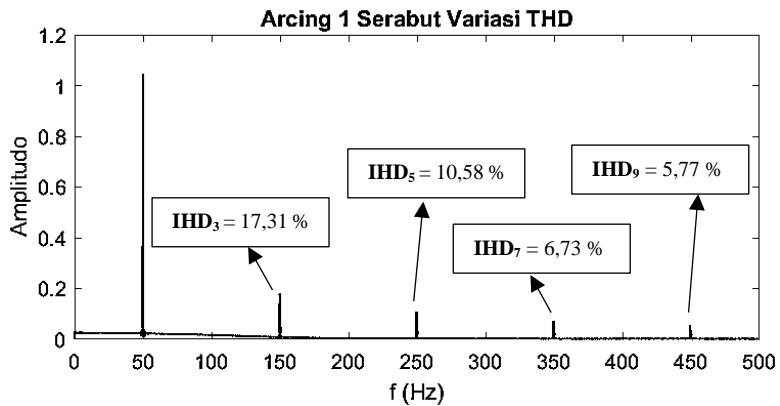
Berdasarkan gambar 4.34 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai THD untuk semua serabut (1, 3, 12) tidak berpengaruh terhadap kenaikan nilai arus HF karena pada grafik persebaran data nilai arus HF fluktuatif, tetapi nilai arus HF ketika terjadi kontak untuk semua serabut bernilai >100 A.

Tabel 4.5 Spektrum Harmonik pada Beban Variasi THD

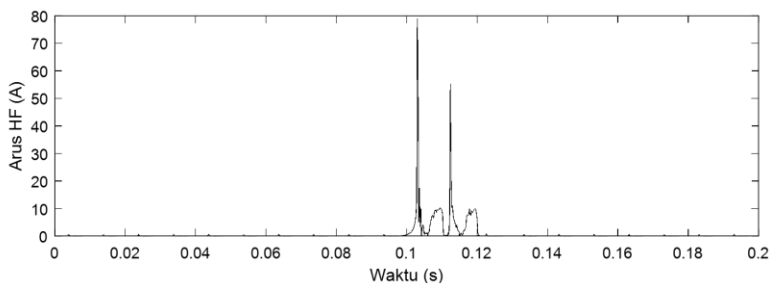
Case	Nilai THDi (%)	Harmonik ke-			
		3	5	7	9
1	40,2	36,69	19,84	0,6	0,02
2	34,5	24,16	14,53	8,96	6,09
3	33,9	20,74	9,18	8,01	6,93
4	29	25,79	15,07	8,44	7,49
5	24,9	18,22	7,67	5,49	4,75
6	22,9	15,47	9,54	6,27	5,17
7	19,9	10,49	7,66	4,15	3,14
8	14,6	8,82	5,03	3,9	2,86
9	11,6	6,97	4,82	3,14	2,26
10	6,9	4,87	3,38	3,12	1,89



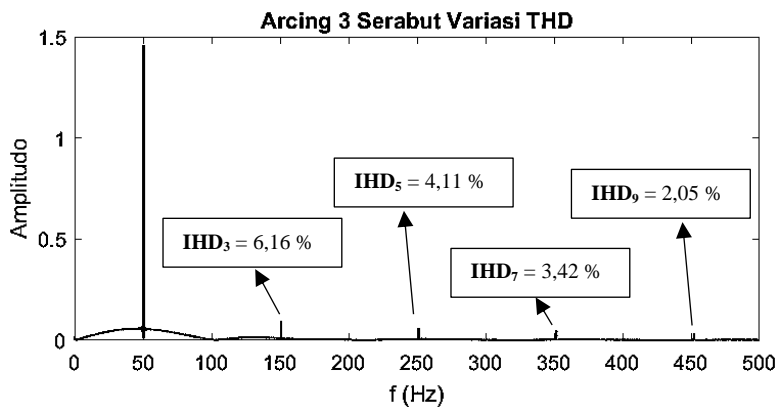
Gambar 4.35 Grafik Arcing 1 Serabut *Case 3* (THDi 33,9%)



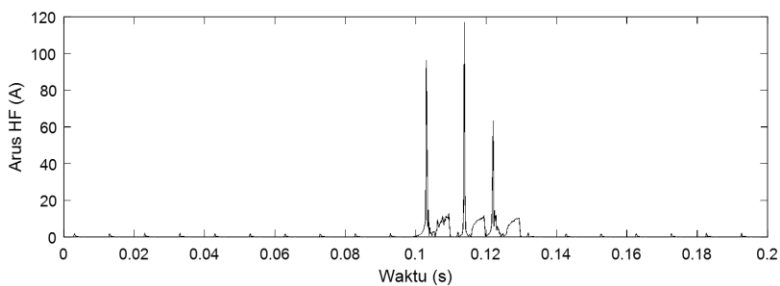
Gambar 4.36 Grafik Spektrum Harmonisa pada Kondisi Arcing 1 Serabut



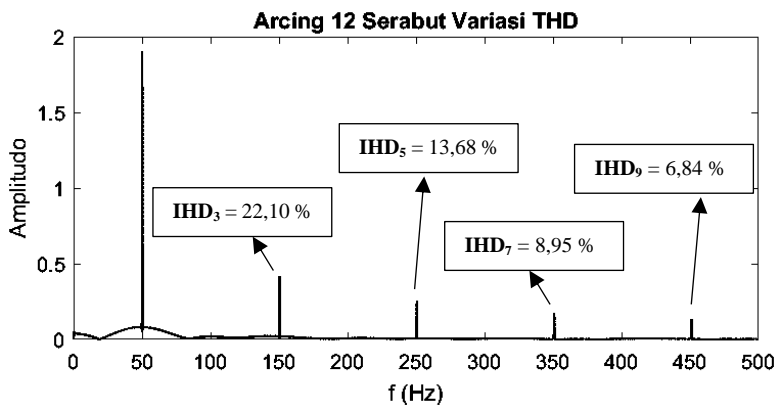
Gambar 4.37 Grafik Arcing 3 Serabut Case 8 (THDi 11,9%)



Gambar 4.38 Grafik Spektrum Harmonisa pada Kondisi Arcing 3 Serabut

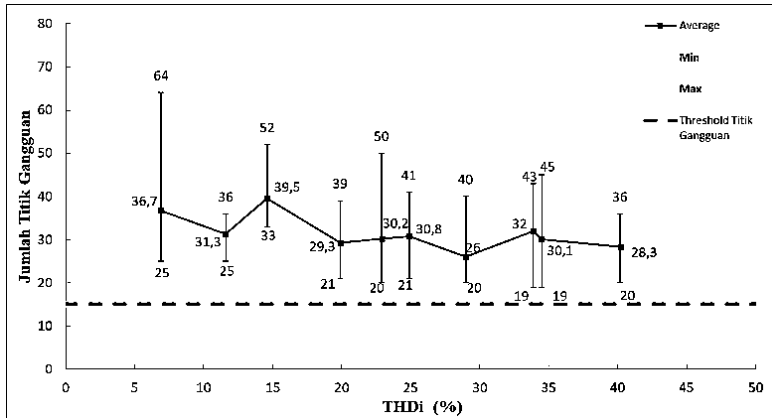


Gambar 4.39 Grafik Arcing 12 Serabut Case 7 (THDi 19,7%)

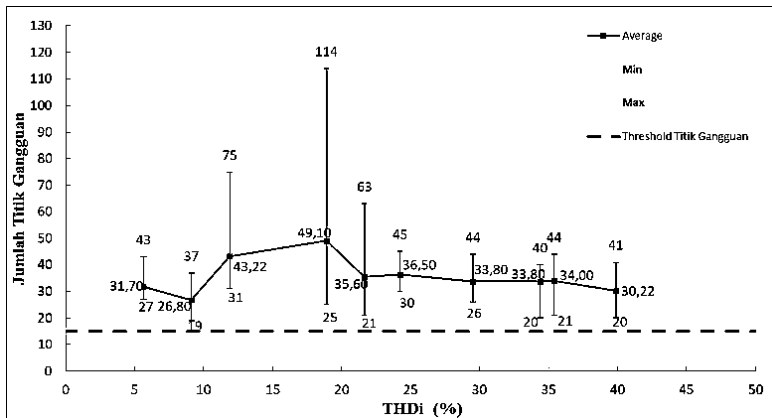


Gambar 4.40 Grafik Spektrum Harmonisa pada Kondisi *Arcing* 12 Serabut

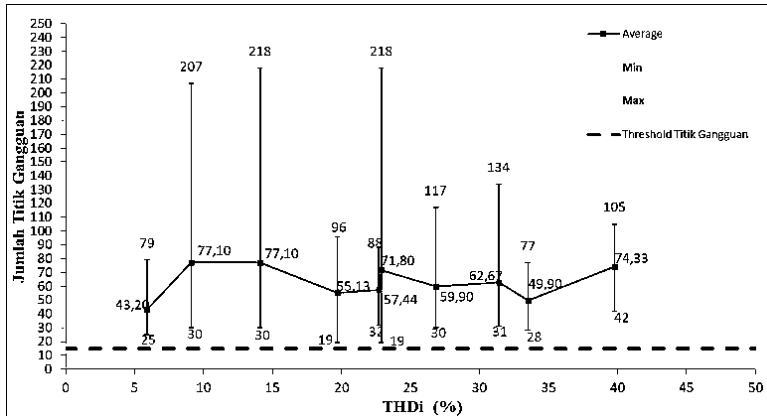
Pada kondisi *arcing*, jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus tidak dipengaruhi oleh perubahan nilai THD, karena banyaknya jumlah titik gangguan sesuai dengan persebaran data yang ada tidak mengikuti perubahan nilai THD, artinya ketika nilai THD naik jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus tidak selalu mengikuti kenaikan nilai THD tersebut. Banyaknya jumlah titik gangguan dari semua percobaan yang telah dilakukan disebabkan oleh banyaknya serabut yang bersentuhan atau terjadi kontak.



Gambar 4.41 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus Kondisi Arcing 1 serabut



Gambar 4.42 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus Kondisi Arcing 3 serabut



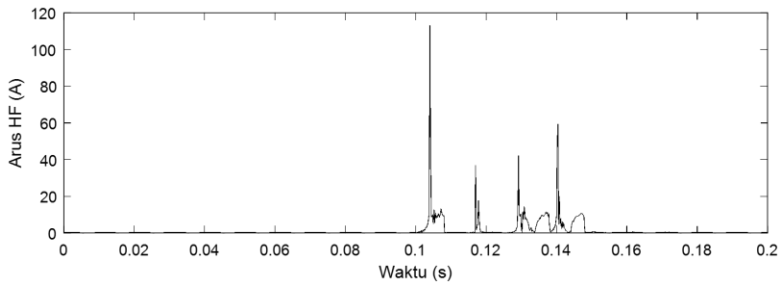
Gambar 4.43 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus kondisi *arcing* 12 serabut

Berdasarkan gambar 4.40, terlihat bahwa jumlah minimal titik gangguan pada kondisi *arcing* sebanyak 19 titik. Pada kondisi *switching* sebelumnya yaitu jumlah maksimal titik gangguan yang melebihi arus sebanyak 15 titik gangguan. Pada grafik persebaran data diatas juga dapat disimpulkan bahwa ketika serabut yang dihubung singkatkan semakin banyak, maka jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* juga semakin meningkat.

4.5 Analisis Data pada Beban Variasi Cos ϕ

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai karakteristik data pada kondisi normal dan kondisi ketika hubung singkat (*arcing*), pengaruh variasi dari nilai cos ϕ terhadap nilai arus HF dan jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus melalui grafik persebaran data.

Pengolahan data yang dilakukan yaitu menggunakan transformasi wavelet diskrit. Dalam hal ini, transformasi wavelet hanya untuk mengubah sinyal asli menjadi sinyal *High Frequency* yang bertujuan untuk memperoleh variabel atau nilai tertentu sesuai dengan yang diinginkan serta memudahkan dalam melakukan analisa.



Gambar 4.44 Hasil Transformasi Wavelet Kondisi Arcing 12 Serabut pada *case* 3 ($\text{Cos } \phi = 0,7$)

Berdasarkan gambar diatas, tidak ada sinyal yang berada di bawah sumbu-x. Hal itu terjadi karena sinyal telah dibuat absolute pada program di Labview dengan agar mudah dalam melakukan analisa.

4.5.1 Karakteristik Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi Normal

Definisi dari arus maksimum yaitu nilai amplitudo arus HF (*high frequency*) yang merupakan nilai arus tertinggi ketika melakukan eksperimen pada kondisi normal Dengan bantuan *software* DIAdem, arus HF dapat ditentukan dengan menggunakan *cross hair measurement*. Untuk kondisi normal menggunakan *threshold* arus sebesar 2A dan *threshold* jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus sebanyak 7 titik dalam melakukan eksperimen. Data-data yang akan ditunjukkan di bawah ini bertujuan untuk mengetahui besar arus HF, jumlah titik gangguan, pengaruh variasi nilai $\text{cos } \phi$ serta pengaruh banyaknya serabut.

Tabel 4.6 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (1 serabut)

		Normal (1 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
1	0,9	0,78	0,67	0,61	0	0	0
2	0,8	0,50	0,46	0,43	0	0	0
3	0,7	0,58	0,55	0,49	0	0	0

		Normal (1 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
4	0,6	0,70	0,64	0,61	0	0	0

Tabel 4.7 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (3 serabut)

		Normal (3 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
1	0,9	0,76	0,66	0,57	0	0	0
2	0,8	0,51	0,47	0,40	0	0	0
3	0,7	0,68	0,59	0,50	0	0	0
4	0,6	0,73	0,69	0,63	0	0	0

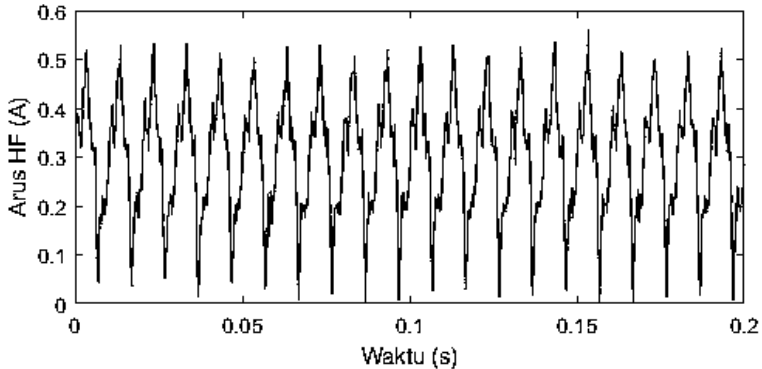
Tabel 4.8 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (12 serabut)

		Normal (12 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
1	0,9	0,84	0,63	0,19	0	0	0
2	0,8	0,52	0,31	0,02	0	0	0
3	0,7	0,60	0,49	0,02	0	0	0
4	0,6	0,77	0,64	0,58	0	0	0

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen untuk variasi nilai $\cos \phi$ dan banyaknya jumlah serabut pada kondisi normal terlihat bahwa semakin besar nilai $\cos \phi$ tidak berpengaruh terhadap nilai arus HF. Hal itu terbukti dari nilai arus HF maksimum yang fluktuatif. Dilihat dari jumlah titik gangguan yang melebihi nilai threshold harus 2A,

pada kondisi normal tidak terdapat jumlah titik gangguan yang melebihi batas.

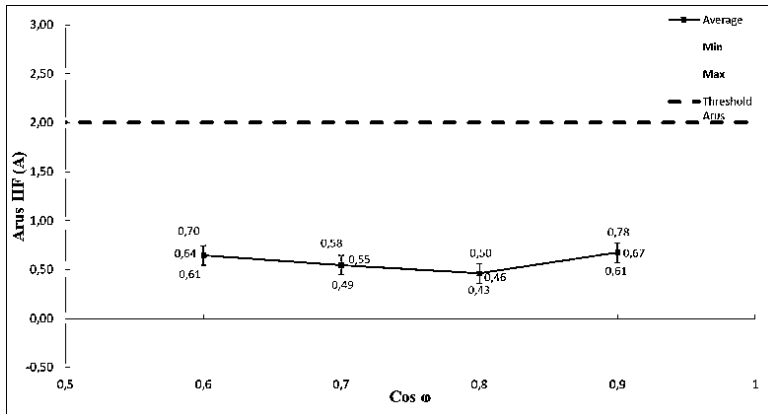
Berikut ini merupakan beberapa sampel dari bentuk sinyal pada kondisi normal dengan beban variasi $\cos \phi$.



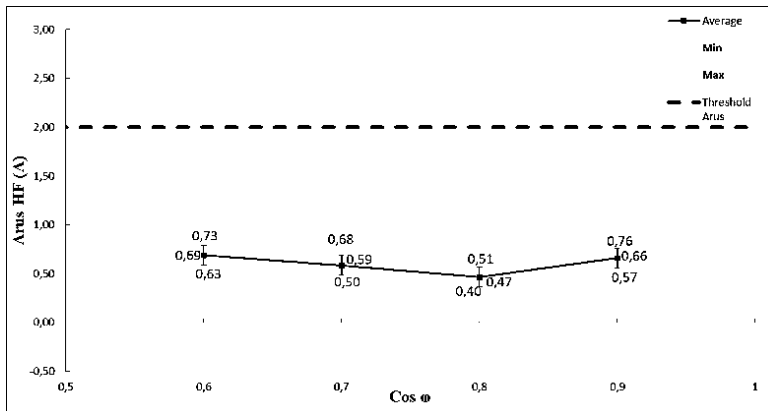
Gambar 4.45 Sinyal Kondisi Normal *Case 3* ($\cos \phi = 0,7$)

4.5.2 Analisis Persebaran Data pada Kondisi Normal

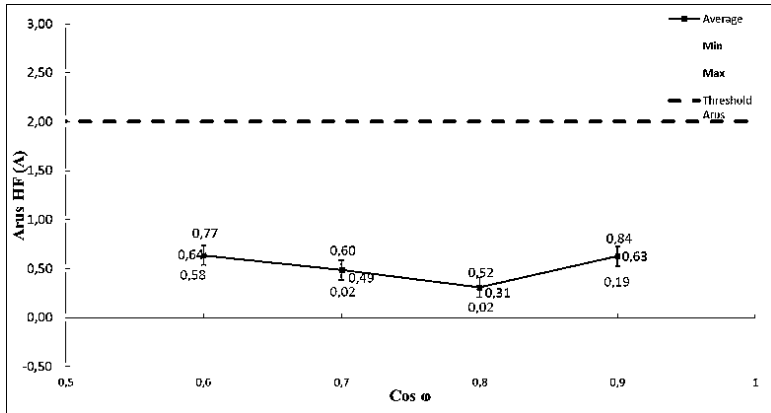
Dalam subbab ini, seluruh data dari hasil eksperimen akan ditampilkan dengan tujuan mengetahui persebaran data arus HF maksimum, rata-rata dan minimum juga mengetahui pengaruh variasi $\cos \phi$ dan banyaknya jumlah serabut terhadap jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold*.



Gambar 4.46 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal 1 serabut

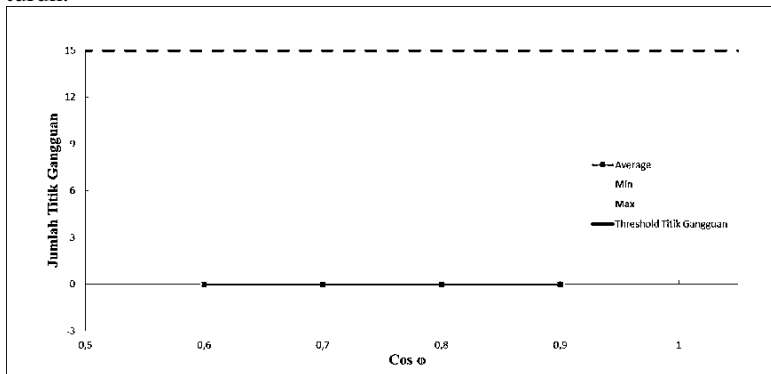


Gambar 4.47 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal 3 serabut

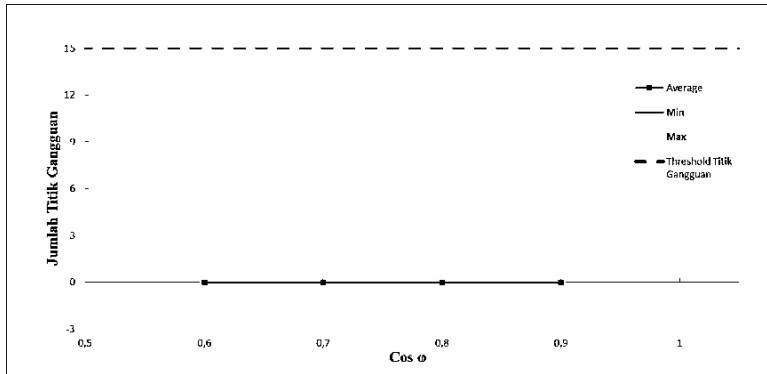


Gambar 4.48 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi Normal 12 serabut

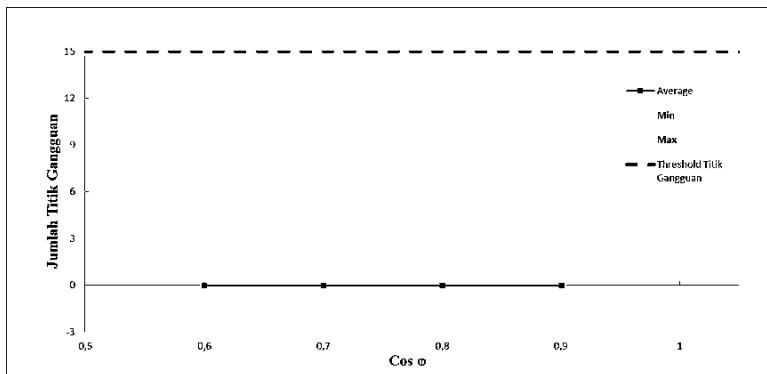
Dari grafik persebaran data arus HF diatas dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh perubahan nilai COS ϕ terhadap nilai arus HF dan banyaknya jumlah titik gangguan. Hal tersebut bisa terlihat ketika jumlah serabut semakin banyak, nilai arus HF masih fluktuatif naik dan turun.



Gambar 4.49 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus pada Kondisi Normal 1 Serabut



Gambar 4.50 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $>$ *threshold* arus pada Kondisi Normal 3 Serabut



Gambar 4.51 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan $>$ *threshold* arus pada Kondisi Normal 12 Serabut

Pada kondisi normal untuk variasi $\cos \phi$ yang berbeda dan jumlah serabut yang berbeda pula, tidak terdapat jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* yang ditetapkan. Dapat terlihat dari gambar yang telah ditampilkan diatas.

4.5.3 Karakteristik Arus Maksimum dan Jumlah Titik Gangguan pada Kondisi Arcing

Untuk kondisi normal menggunakan *threshold* arus sebesar 2A dan *threshold* jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus

sebanyak 7 titik dalam melakukan eksperimen. Data-data yang akan ditunjukkan di bawah ini bertujuan untuk mengetahui besar arus HF, jumlah titik gangguan, pengaruh variasi nilai $\cos \phi$ serta pengaruh banyaknya serabut. Berikut akan ditunjukkan data hasil eksperimen pada kondisi *arcing* 1 serabut, 3 serabut dan 12 serabut.

Tabel 4.9 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (1 serabut)

		<i>Arcing</i> (1 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
1	0,9	117,90	76,97	19,62	65	37,8	29
2	0,8	124,22	89,77	30,02	74	34,8	18
3	0,7	113,66	81,64	36,67	37	32,8	26
4	0,6	106,99	77,47	13,59	44	26,4	17

Tabel 4.10 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (3 serabut)

		<i>Arcing</i> (3 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
1	0,9	101,93	59,91	14,52	56	40,6	33
2	0,8	126,82	84,81	27,70	67	42,9	28
3	0,7	124,82	77,83	36,36	61	37,5	20
4	0,6	134,86	77,93	12,54	64	38	22

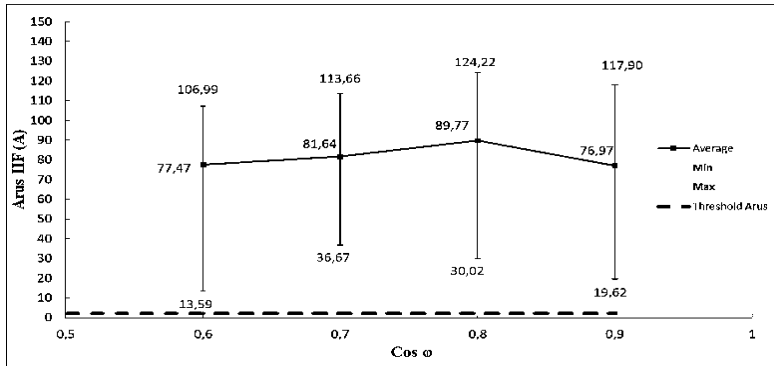
Tabel 4.11 Perbandingan Arus HF dan Jumlah Titik Gangguan (12 serabut)

		<i>Arcing</i> (12 serabut)					
		Arus HF (A)			Jumlah Titik Gangguan		
Case	Cos ϕ	Arus HF max (A)	Avg HF (A)	Arus HF min (A)	Max	Avg	Min
1	0,9	197,34	99,34	13,85	102	75,2	43
2	0,8	128,34	70,26	12,33	178	100	43
3	0,7	130,86	90,21	22,22	111	74,3	50
4	0,6	131,66	92,76	36,54	152	85,6	38

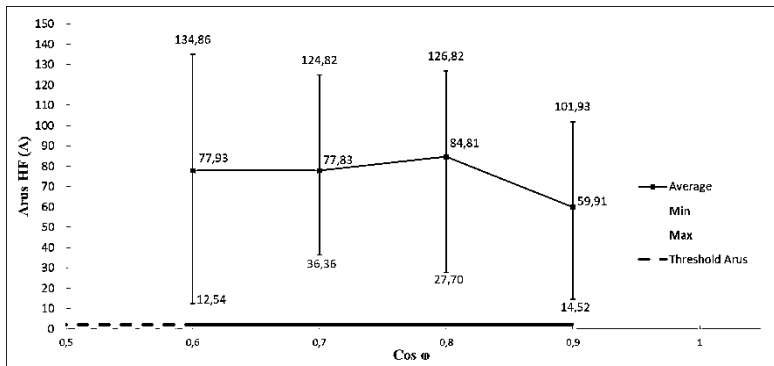
Berdasarkan tabel (4.8 – 4.10), pada kondisi *arcing* untuk variasi beban cos ϕ , nilai arus HF maksimum tidak bergantung pada nilai cos ϕ yang dapat dilihat pada tabel bahwa nilai arus HF yang tidak stabil, artinya terjadi peningkatan dan penurunan nilai arus HF. Sedangkan jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus juga tidak dipengaruhi oleh nilai cos ϕ . Jika dibandingkan setiap kenaikan nilai cos ϕ , belum tentu jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* juga mengalami kenaikan.

4.5.4 Analisis Persebaran Data Kondisi *Arcing*

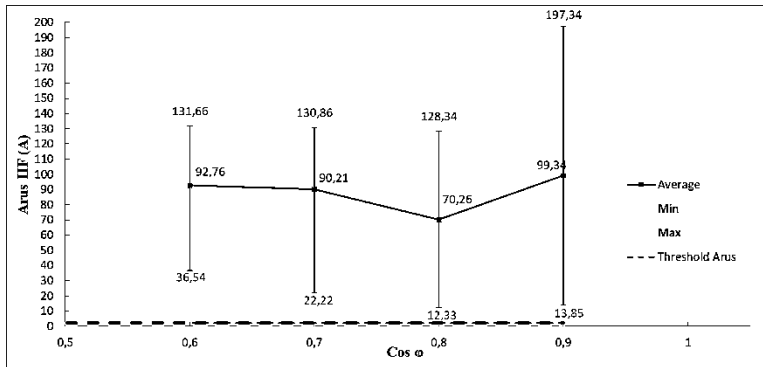
Dalam subbab ini, seluruh data dari hasil eksperimen akan ditampilkan dengan tujuan mengetahui persebaran data arus HF maksimum, rata-rata dan minimum juga mengetahui pengaruh variasi cos ϕ dan banyaknya jumlah serabut terhadap jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold*.



Gambar 4.52 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi *Arcing* 1 Serabut

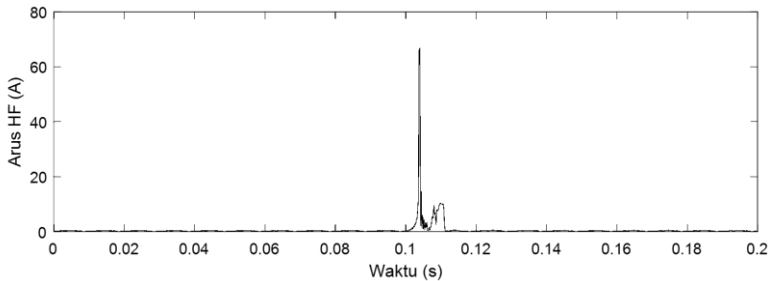


Gambar 4.53 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi *Arcing* 3 Serabut

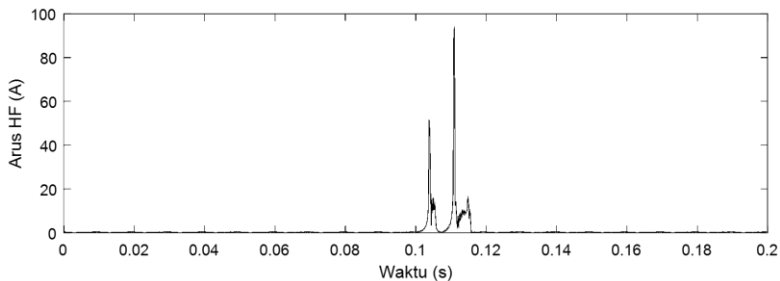


Gambar 4.54 Persebaran Data Maksimum Arus HF pada Kondisi *Arcing* 12 Serabut

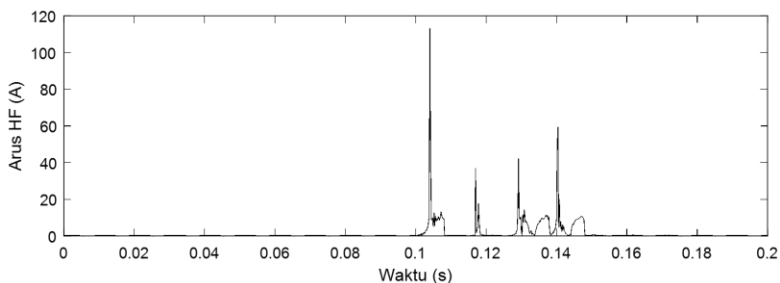
Pada kondisi *arcing* terjadi lonjakan arus yang sangat besar dan hampir mencapai 200 A. Perubahan nilai $\cos \phi$ tidak berpengaruh terhadap kenaikan nilai arus HF. Nilai arus HF untuk semua variasi $\cos \phi$ dan variasi jumlah serabut berada diatas nilai *threshold* 2 A.



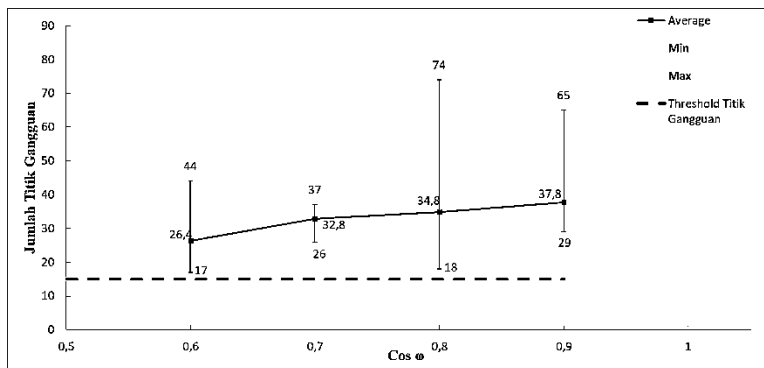
Gambar 4.55 Kondisi *Arcing* 1 Serabut Beban Variasi Cos ϕ (Cos ϕ = 0,7)



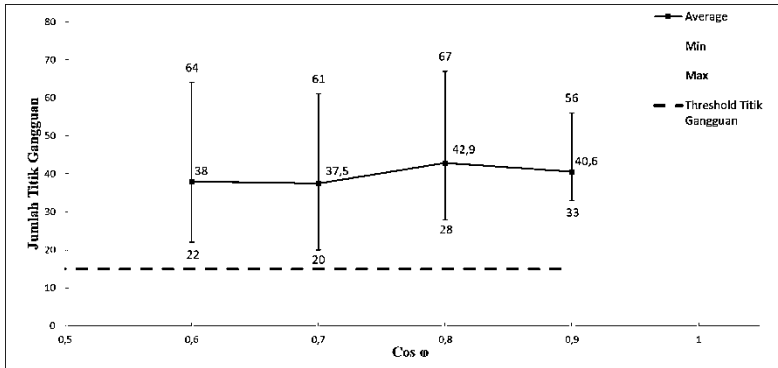
Gambar 4.56 Kondisi *Arcing* 3 Serabut Beban Variasi $\cos \phi$ ($\cos \phi = 0,7$)



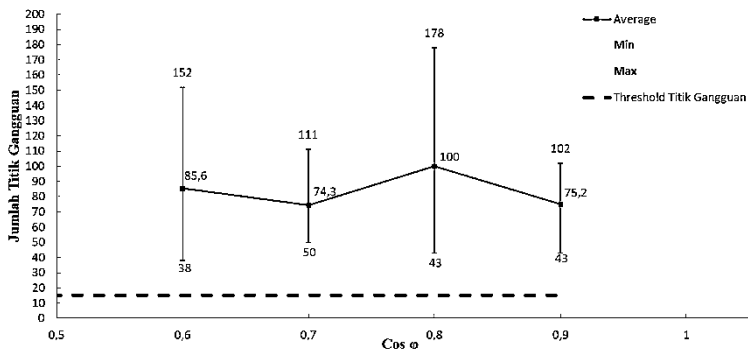
Gambar 4.57 Kondisi *Arcing* 12 Serabut Beban Variasi $\cos \phi$ ($\cos \phi = 0,7$)



Gambar 4.58 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus pada Kondisi *Arcing* 1 Serabut



Gambar 4.59 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus pada Kondisi Arcing 3 Serabut



Gambar 4.60 Persebaran Data Jumlah Titik Gangguan > *threshold* arus pada Kondisi Arcing 12 Serabut

Berdasarkan gambar 4.55 – 4.58, untuk semua beban variasi $\cos \phi$ melebihi batas *threshold* yang ditentukan. Akan tetapi, banyaknya jumlah titik gangguan yang ada tidak dipengaruhi oleh variasi beban $\cos \phi$ tersebut, melainkan dipengaruhi oleh banyaknya kabel serat yang dihubungkan antara kabel fasa dan netral. Hal itu terbukti dari semakin banyak serat, maka jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus juga semakin banyak.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan hasil analisa yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan mengenai karakteristik arus, jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus 2 A serta pengaruh dari beban variasi THD dan pengaruh beban variasi $\cos \phi$ pada kondisi normal, *switching* dan *arcing*. Adapun kesimpulannya sebagai berikut :

1. Pada kondisi normal untuk beban variasi THD, semakin besar nilai THD, maka arus HF juga akan semakin meningkat. Akan tetapi, nilai arus HF tidak melewati *threshold* arus 2A.
2. *Threshold* awal yang digunakan untuk melakukan percobaan yaitu *threshold* arus 2A dan jumlah titik gangguan sebanyak 7 titik gangguan tidak dapat digunakan kembali untuk beban variasi THD dan beban variasi $\cos \phi$.
3. Pada kondisi *switching* untuk beban variasi THD, terjadi *trend* peningkatan nilai arus HF seiring semakin besarnya nilai THD. Untuk jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus adalah maksimum sebanyak 15 titik gangguan untuk semua *case* yang ada.
4. Pada kondisi *arcing* untuk beban variasi THD, arus HF fluktuatif naik turun. Hal ini berarti perubahan nilai THD atau variasi THD tidak berpengaruh terhadap nilai arus HF dan banyaknya jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold*. Jumlah titik gangguan dipengaruhi oleh banyaknya jumlah serabut yang dihubungkan/terjadi sentuhan.
5. Pada kondisi normal dan *arcing* untuk beban variasi $\cos \phi$, perubahan nilai $\cos \phi$ tidak berpengaruh terhadap nilai arus HF. Arus HF pada kondisi normal tidak melebihi *threshold*.
6. Jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* pada kondisi *arcing* tidak terpengaruh oleh perubahan nilai $\cos \phi$, tetapi dipengaruhi oleh banyaknya serabut yang terjadi kontak. Semakin banyak serabut yang bersentuhan, maka jumlah titik gangguan juga semakin banyak. Sedangkan pada kondisi normal tidak terdapat titik gangguan yang melebihi *threshold*.

5.2 Saran

Eksperimen deteksi *arcing* tegangan rendah untuk beban non linear dan beban induktif telah mampu menunjukkan pengaruh dari perubahan nilai THD dan $\cos \phi$ terhadap nilai arus HF serta jumlah titik gangguan yang melebihi *threshold* arus ketika dianalisa secara *offline*. Akan tetapi diperlukan program deteksi yang lebih akurat secara online untuk beban non linear dan induktif, sehingga data benar-benar sinkron antara *online* dan *offline*.

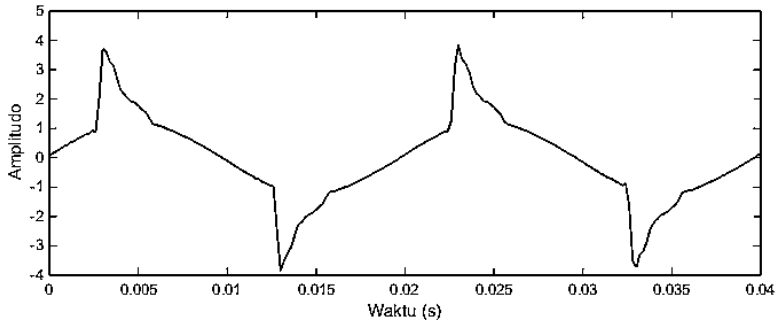
DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Rasio Elektrifikasi Indonesia.” [Daring]. Tersedia pada: <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rasio-elektrifikasi-indonesia-status-juni-2017.pdf>.
- [2] “Statistik Ketenagalistrikan 2015.” [Daring]. Tersedia pada: <https://djke.esdm.go.id/pdf/Buku%20Statistik%20Ketenagalistrikan/Statistik%20Ketenagalistrikan%20T.A.%202016.pdf>.
- [3] “Data Bencana Listrik BNPB.” [Daring]. Tersedia pada: <http://geospasial.bnpb.go.id/pantauanbencana/data/dataakbmukimall.php>.
- [4] A. Wicaksono, D. A. Asfani, dan I. M. Y. Negara, “Desain dan Implementasi Peralatan Deteksi Arcing Tegangan Rendah Berbasis LabView,” J. Tek. ITS, vol. 6, No. 1.
- [5] A. K. Mishra, A. Routray, dan A. K. Pradhan, “Detection of Arcing in Low Voltage Distribution Systems,” 2008, hal. 1–3.
- [6] D. G. Ece dan F. M. Wells, “Analysis and detection of arcing faults in low-voltage electrical power systems,” 1994, hal. 929–935.
- [7] Tim penyusun, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)”, Indonesia, 2000.
- [8] O. Penangsang, Diktat Kuliah Kualitas Daya Listrik. ITS.
- [9] M. K. Soni dan N. Soni, “Review of causes and effect of harmonics on power system,” Int. J. Sci. Eng. Technol. Res., vol. 3, no. 2, hlm. 214–220, 2014.
- [10] F. A. Samman, R. Ahmad, dan M. Mustafa, “Perancangan, Simulasi dan Analisis Harmonisa Rangkaian Inverter Satu Fasa,” J. Nas. Tek. Elektro Dan Teknol. Inf. JNTETI, vol. 4, no. 1, 2015.
- [11] IEEE STANDARD ASSOCIATION, “IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems,” IEEE Stand. Assoc., 2014.
- [12] O. Penangsang, “Diktat Kuliah Kualitas Daya Listrik,” ITS.
- [13] P. Riese, “Manual of Power Factor Correction. Teningen,” Frako, 2012.
- [14] Yuan Wu, Zhengxiang Song and Xue Li, “A Method for Arc Fault Detection Based on the Analysis of Signal's Characteristic Frequency Band with Wavelet Transform”, IEEE 2nd Internasional Conference on Electric Power Equipment, Matsue, Japan, 2013.

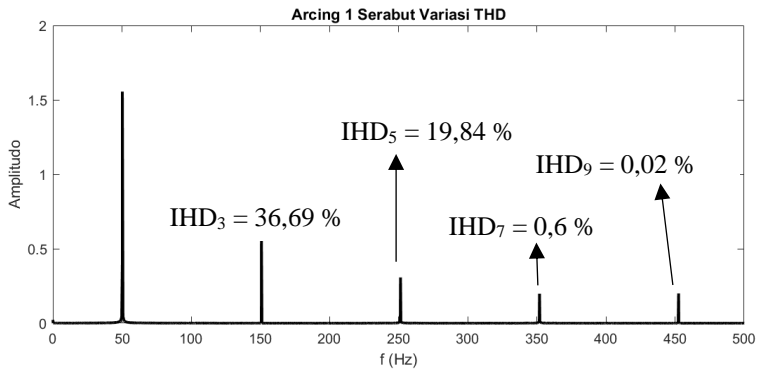
{Halaman ini sengaja dikosongkan}

LAMPIRAN

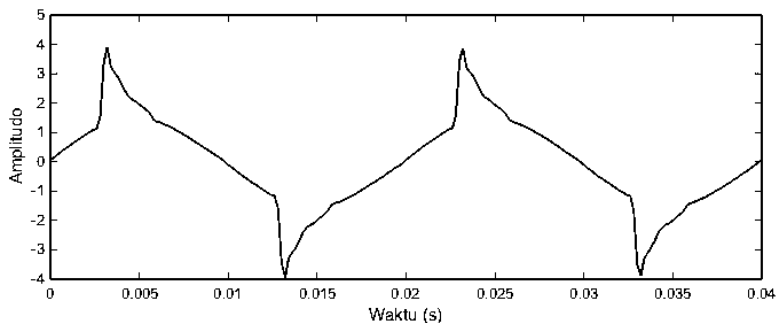
Bentuk Gelombang dan Spektrum Harmonisa pada masing-masing Case pada Beban Variasi Nilai THD



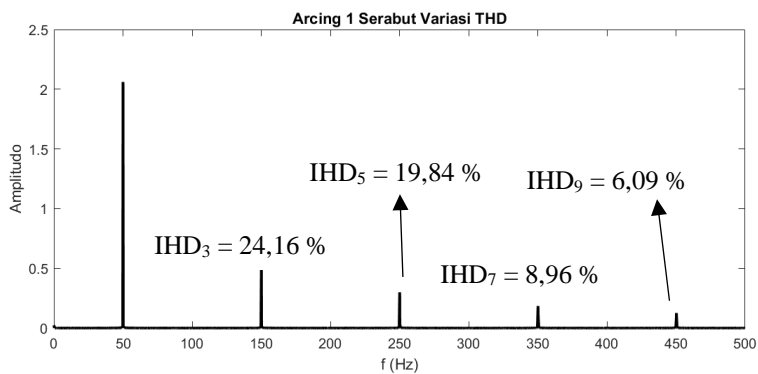
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 40,2 %



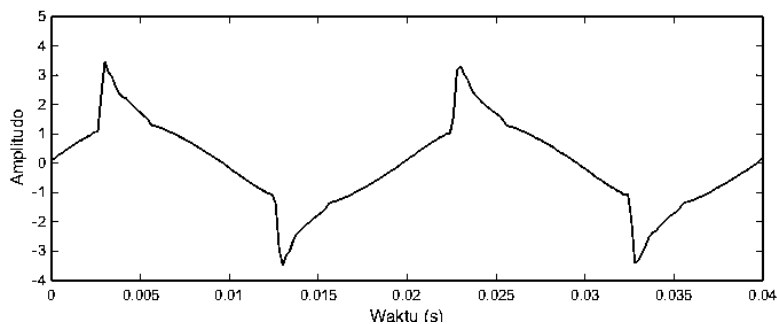
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 40,2%



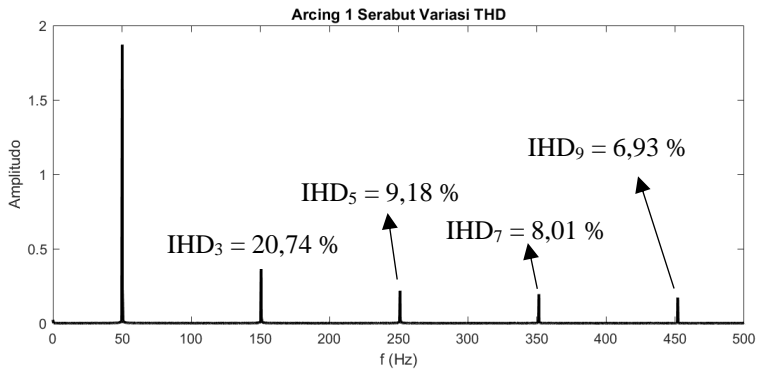
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 34,5%



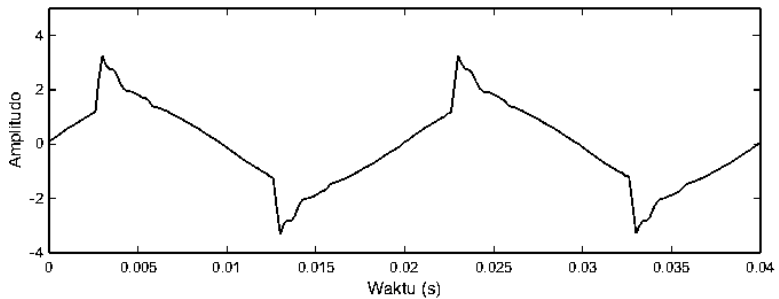
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 34,5%



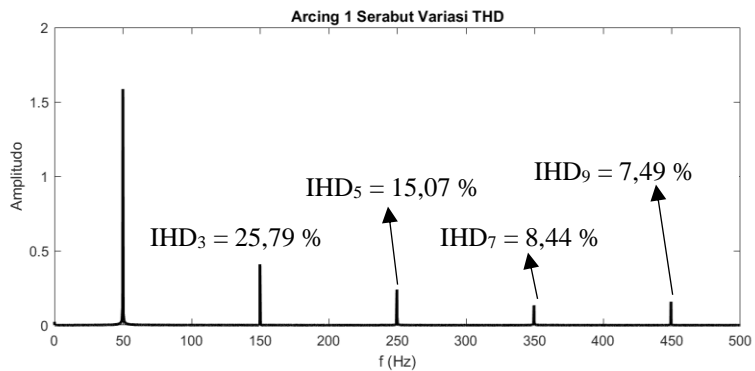
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 33,9%



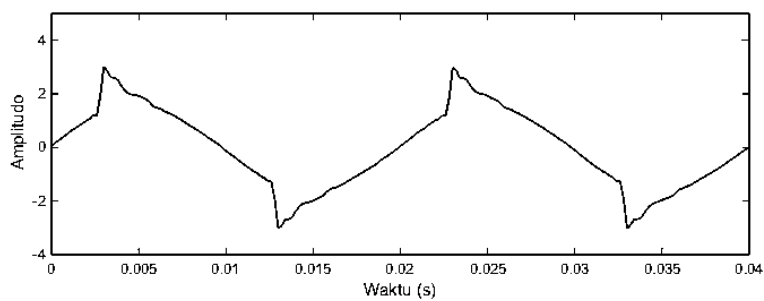
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 33,9%



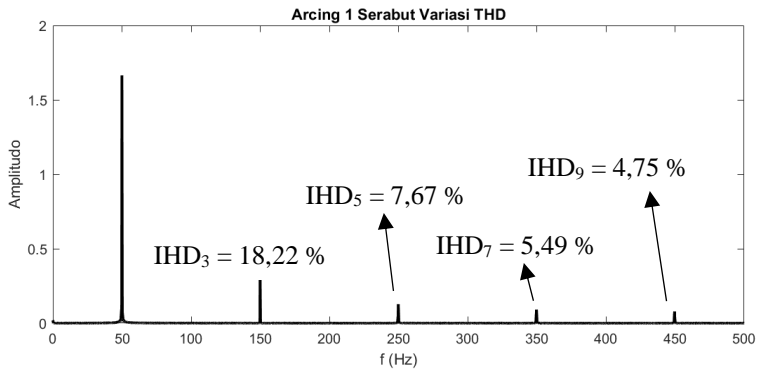
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 29%



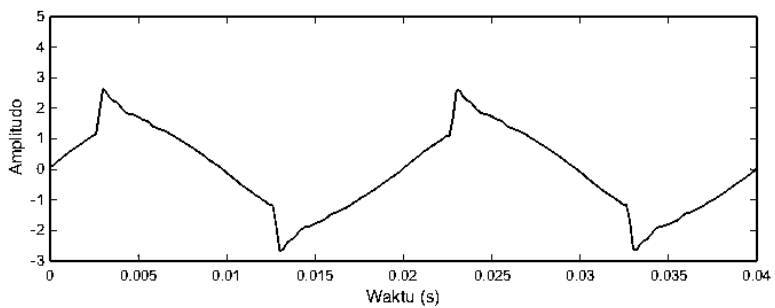
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 29%



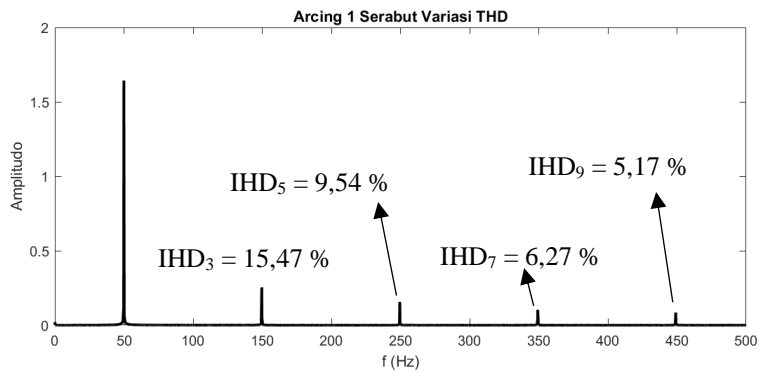
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 24,9%



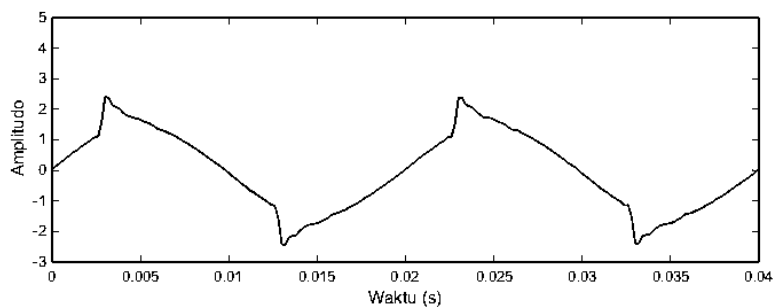
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 24,9%



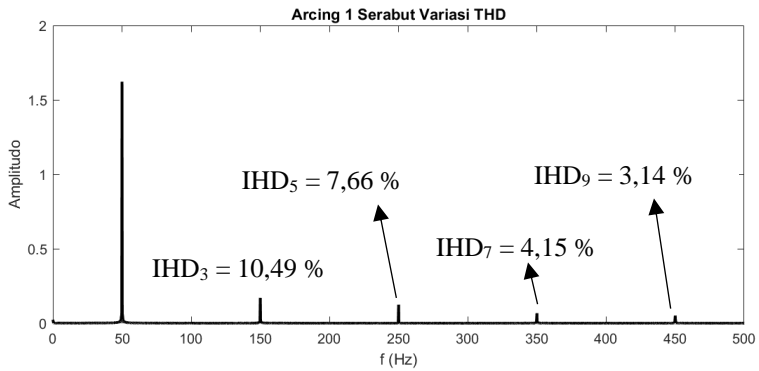
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 22,9%



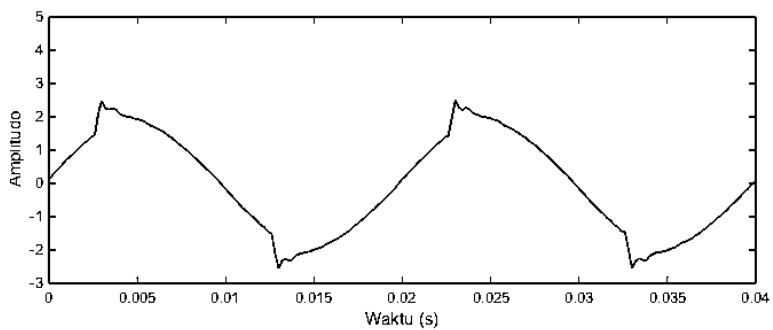
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 22,9%



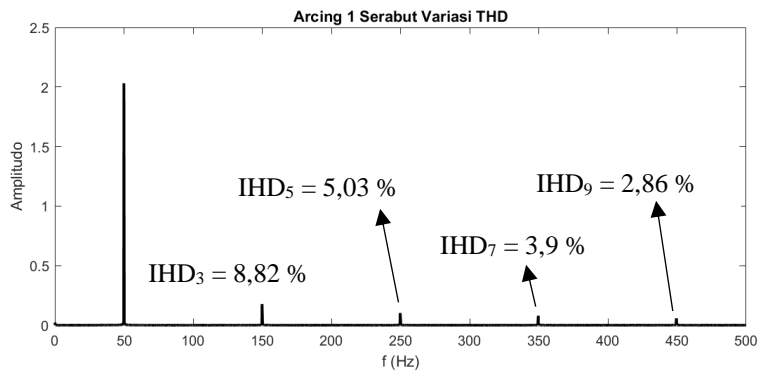
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 19,9%



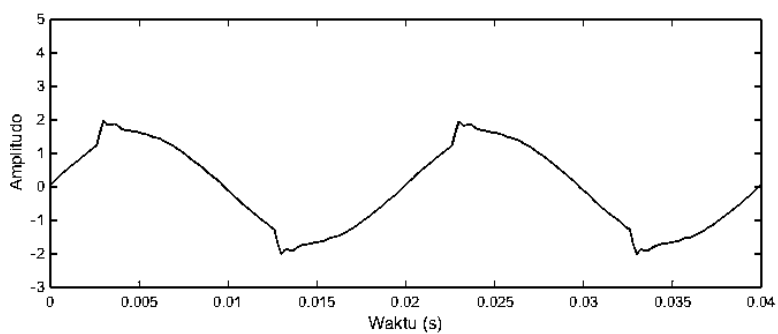
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 19,9%



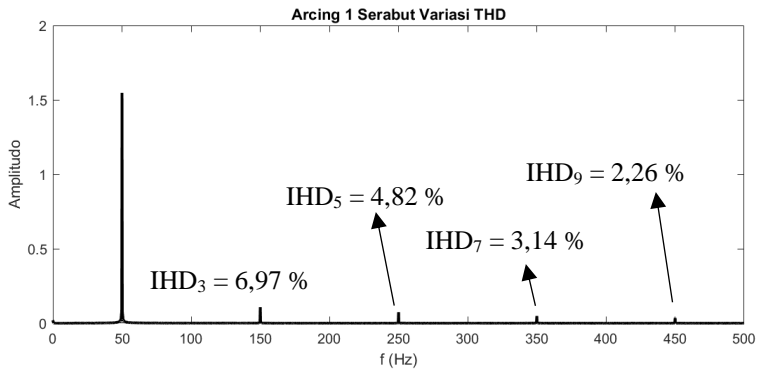
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 14,6%



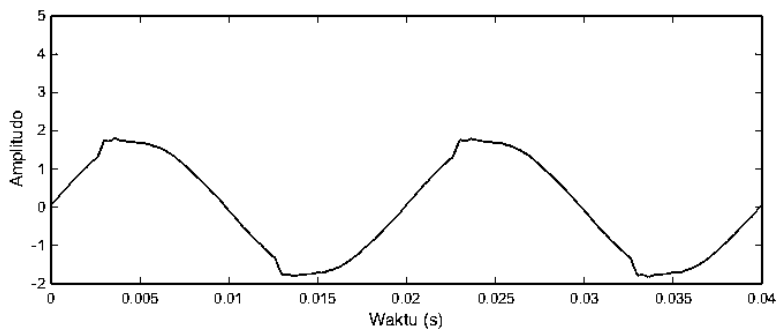
Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 14,6%



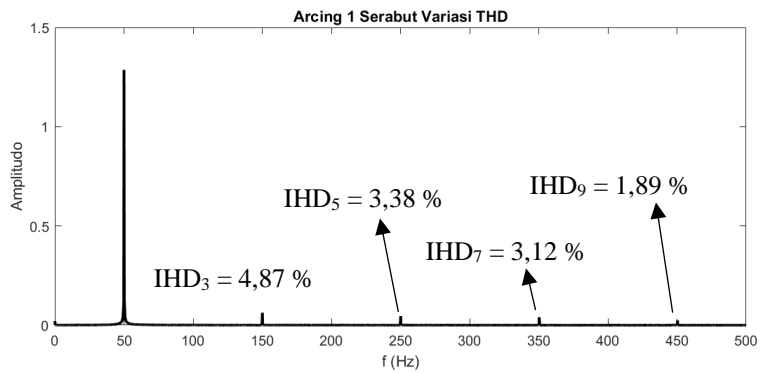
Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 11,6%



Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 11,6%



Bentuk Gelombang dengan nilai THDi sebesar 6,9%



Spektrum Harmonik pada Beban dengan nilai THDi sebesar 6,9%

RIWAYAT HIDUP



Jefri Haris Setyadi yang lahir pada tanggal 21 April 1996 di Sumenep. Penulis merupakan seorang anak tunggal yang mempunyai banyak saudara angkat. Penulis memulai masa pendidikan di TK Pertiwi, kemudian melanjutkan menuju jenjang Sekolah Dasar di SDN Kalianget Barat 1 pada tahun 2002-2008. Pada tahun 2008-2011 menempuh pendidikan Menengah Pertama di SMPN 1 Kalianget. Penulis menuntaskan pendidikan Menengah Atas di SMAN 1 Sumenep sejak tahun 2011-2014. Setelah melewati masa SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Elektro. Penulis mengambil bidang studi Sistem Tenaga. Penulis pernah aktif pada beberapa organisasi, diantaranya UKM Sepak Bola ITS, Himpunan Mahasiswa Elektro serta pernah menjabat sebagai Ketua Forum Komunal Mahasiswa Sumenep ITS (Fokus ITS). Selain itu, penulis juga pernah menjadi panitia di beberapa kegiatan. Penulis merupakan asisten Laboratorium Tegangan Tinggi.

Penulis dapat dihubungi melalui *email* : setyadijefri@gmail.com

(Halaman ini sengaja dikosongkan)